

**Über Geschichte, Technik und Methode
der Ersatzoperationen bei
irreparabler Radialislähmung**

Vorgelegt

von

Bert Karl

aus

Neustadt a. d. Aisch

*Diss Erlangen
1984*



Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik der
Universität Erlangen - Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. med. F. P. Gall

Über Geschichte, Technik und Methode der Ersatzoperation
bei irreparabler Radialislähmung.

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von

Bert Karl

aus
Neustadt a.d. Aisch

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf
Referent: Prof. Dr. J. Geldmacher
Korreferent: Prof. Dr. F.P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 27.02.1984

INHALTSVERZEICHNIS UND GLIEDERUNG :

	Seite:
<u>EINFÜHRUNG</u>	1
<u>1. ABSCHNITT: LÄSIONEN DES N. RADIALIS</u>	3
<u>I.) Anatomie und Funktion des N. radialis</u>	3
<u>II.) Klinisches Bild der Radialis-Läsion</u>	8
1.) Allgemeines.....	8
2.) Ausfallserscheinungen bei totaler Radialisparese..	11
3.) Ausfallserscheinungen bei typischer hoher Läsion..	12
4.) Ausfallserscheinungen bei typischer tiefer Läsion..	12
5.) Zusammenfassung.....	13
<u>III.) Ursachen und Häufigkeit der Radialisläsion</u>	15
<u>IV.) Das soziale Element bei der Radialislähmung</u>	20
<u>V.) Therapiemöglichkeiten</u>	22
1.) Grundsätzliches.....	22
2.) Konservative Maßnahmen.....	22
3.) Nervenoperationen.....	22
4.) Radialis-Schienen.....	25
5.) Ersatzplastik.....	27
<u>2. ABSCHNITT: DIE ERSATZOPERATION BEI DER</u> <u>RADIALISLÄHMUNG</u>	29
<u>I.) Historisches: Geschichte der Radialisersatzplastik</u> ...	29
<u>II.) Indikation und Kontraindikation zur Plastik</u>	37
1.) Allgemeines.....	37
2.) Der Lokalbefund.....	37
3.) Gesamtpersönlichkeit / Allgemeinzustand....	39
4.) Behandlungstechnische Gegebenheiten.....	39
5.) Ersatzplastik im Verhältnis zur Nervenoperation..	40
6.) Quintessenz - Indikation bei unserem Patientengut..	45
7.) Zusammenfassung.....	46
<u>III.) Ziele der Plastik - Voraussetzungen und Prinzipien</u> ..	49
<u>IV.) Wahl der Kraftspender und -empfänger</u>	51
1.) Vorbemerkungen.....	51
2.) Zusammenspiel der Strecker und Beuger.....	53
3.) Grundsätze für die Wahl der Spender und Empfänger..	55

4.) Bilanz der Spender und Empfänger.....	58
a.) Bilanz der Empfänger.....	59
b.) Bilanz der Kraftspender.....	62
5.) Ersatz für die Handgelenk-Strecker.....	68
6.) Ersatz für die Fingerstrecker.....	70
7.) Ersatz für die ausgefallenen Daumenmuskeln.....	73
8.) Nachteile durch den Ausfall der ursprüng- lichen Spenderfunktion.....	79
9.) Quintessenz: Zur Wahl der Kraftspender.....	83
<u>V.) Das Problem der Tenodese.....</u>	85
1.) Prinzip und Ziele.....	85
2.) Vor- und Nachteile der Tenodese.....	86
3.) Technik der Tenodese.....	91
4.) Zusammenfassung: Indikation der Tenodese.....	93
<u>VI.) Technik der Radialisersatzoperation.....</u>	98
1.) Voraussetzungen und Vorbereitungen - Allgemeines...	98
2.) Ausführung der Hautschnitte.....	99
3.) Auslösen der Kraftspender.....	101
4.) Überführung der Kraftspender.....	102
5.) Vernähen der Sehnen.....	104
6.) Spannungszustand der Sehnennähte.....	108
7.) Zusammenfassung: Operationstechnik.....	110
<u>VII.) Vorbehandlung.....</u>	112
<u>VIII.) Nachbehandlung.....</u>	114
<u>IX.) Komplikationen.....</u>	121
<u>3. ABSCHNITT: DIE VERSCHIEDENEN METHODEN.....</u>	126
<u>I.) Tabellarische Zusammenstellung.....</u>	126
1.) Vorbemerkungen.....	126
2.) Methoden zur Ersatzplastik bei hoher Läsion.....	128
a.) Verfahren mit einem Kraftspender.....	129
b.) Verfahren mit zwei Kraftspendern.....	132
c.) Verfahren mit zwei Kraftspendern und Tenodese..	135
d.) Verfahren mit drei Kraftspendern.....	137
e.) Verfahren mit vier Kraftspendern.....	141
3.) Verfahren speziell für die tiefe Läsion.....	144
4.) Sonstige Verfahren.....	147
<u>II.) Detail-Besprechung ausgewählter Methoden.....</u>	150
1.) Vorbemerkungen - Auswahlkriterien.....	150

2.) Methode JONES (1917).....	151
3.) Methode PERTHES (1918).....	152
4.) Methode BROOKS (1949) und MERLE D'AUBIGNE (1949/53).....	158
5.) Methode BOYES (1960).....	162
6.) Methode GOLDNER (1974).....	166
 <u>4. ABSCHNITT: ERGEBNISSE DER NACHUNTERSUCHUNG</u>	 170
I.) Allgemeines - Art der Nachuntersuchung.....	170
II.) Ergebnisse der Messungen.....	172
III.) Soziale Resultate.....	174
IV.) Funktionelle Resultate.....	179
V.) Methodenfrage - Resultate bei der Verwendung der verschiedenen Kraftspender.....	187
VI.) Auszüge aus den Krankengeschichten.....	192
 <u>ZUSAMMENFASSENDE SCHLUSSBETRACHTUNG</u>	 213
 <u>LITERATUR</u>	 217



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546217_0025

E I N F Ü H R U N G

"Die Hand macht den Menschen geschickt für die Handhabung aller Dinge, sie ist sein 'äußeres Gehirn' ."

Immanuel KANT

Die überragende Bedeutung der Hand - sei es als Greiforgan, als Instrument des Tastsinnes, aber auch als Ausdrucksmittel differenzierter Gestik - und damit als Kommunikationsorgan - ist für alle Bereiche unseres täglichen Lebens unbestritten. Diese Bedeutung wird aber wohl erst dem besonders deutlich und schmerzlich bewußt, der seine Hand infolge einer Verletzung plötzlich nicht mehr in gewohnt-selbstverständlicher Weise benutzen kann.

Die differenzierte Funktion der Hand ist abhängig von der Unversehrtheit ihrer Nerven. Dies gilt zunächst für die sensiblen Nervenfasern: eine Hand ohne Gefühl ist wertlos und gilt als "physiologisch amputiert" (GELDMACHER, 1981). Im Bereich des N. radialis - der Gegenstand dieser Arbeit ist - spielt der Sensibilitätsausfall bei Läsionen eine untergeordnete Rolle, dafür ist der motorische Defekt ein umso schlimmerer.

Nach SUDECK (1943) ist die Radialisläsion durch drei "superlative Eigenschaften" gekennzeichnet: sie ist die häufigste periphere Nervenverletzung, bewirkt von den drei Armnerven die schwersten Funktionsstörungen, ist aber auch einer Behandlung am meisten zugänglich.

Bei irreparabler Schädigung des N. radialis erlangt die Ersatzoperation mittels Sehnenverpflanzung zur Wiederherstellung der motorischen Funktion der Hand größte Bedeutung.

Diese Arbeit verfolgt mehrere Ziele:

Im ersten Teil sollen vor allem die - je nach Höhe der Nervenläsion verschiedenen - Ausfallerscheinungen sowie Häufigkeit und Ursachen der Verletzungen dargestellt werden.

Der zweite Abschnitt gilt den allgemeinen Prinzipien und



Verfahrensweisen (z.B. bei der Wahl der Kraftspender) und der Technik der Radialisersatzoperation. Ein Hauptanliegen dieser Arbeit ist die historische Entwicklung der Radialisersatzplastik: ich werde daher versuchen, bei den verschiedenen Gesichtspunkten - z.B. der Frage der Tenodese - nicht nur die heute vorherrschende Meinung, sondern auch die geschichtliche Entwicklung, die schließlich zu dieser Meinung führte, darzustellen.

Hierzu dient auch der dritte Abschnitt, in welchem der Versuch unternommen wird, möglichst viele der zahllosen Methoden zur Radialisersatzoperation zusammenzustellen.

Im vierten Teil möchte ich die Erfahrungen und Resultate darlegen, die sich im Zuge der Nachuntersuchung von 15 Patienten, bei denen in der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen, Abt. Handchirurgie eine Radialisersatzplastik durchgeführt wurde, ergaben. Dies soll jedoch nicht losgelöst von den anderen Abschnitten geschehen, vielmehr werde ich mich bemühen, bei der Abhandlung aller dieser Themenbereiche die jeweils einschlägigen Ergebnisse bzw. Beispiele aus unserem Patientengut einfließen zu lassen.

Zuletzt soll nach der Zusammenfassung ein ausführliches Literaturverzeichnis einen Eindruck von dem schier unübersehbaren Schrifttum vermitteln, das sich in den letzten 100 Jahren zum Thema Radialisersatzplastik angesammelt hat.

1. A B S C H N I T T :

LÄSIONEN DES N. RADIALIS.

I.) ANATOMIE UND FUNKTION DES N. RADIALIS.

Der N. radialis ist ein hauptsächlich motorischer Nerv, der jedoch auch sensible und vegetative Fasern führt.

Sensibilität: Auf der Dorsalseite der Hand wird ein Areal vom N. radialis versorgt, das in etwa die Streckseite von Daumen, Zeige- und Mittelfinger bis auf die Grundglieder umfaßt. Außerdem vermittelt der N. radialis die Sensibilität im Bereich der radialen Handkante (Abb. 1). Er sendet auch Hautäste zur Dorsalseite des Oberarmes (N. cut. brachii post.), die besonders die Haut oberhalb des M. triceps versorgen, und des Unterarmes (N. cut. antebrachii post.). Das sensible Versorgungsgebiet des N. radialis ist aber variabel.

Auch stammen sensible Äste für die Kapselgerlechte des Schulter-, Ellenbogen- und Handgelenkes aus dem N. radialis.

Motorik: Der N. radialis ist für die Supination und für die Streckmuskulatur zuständig. Im einzelnen versorgt er folgende 14 Muskeln:

die Musculi triceps, brachioradialis, brachialis (nur z.T. vom N. radialis versorgt), ext. carpi rad. longus, ext. carpi rad. brevis, supinator, anconaeus, ext. digit. communis, ext. digiti minimi, ext. carpi ulnaris, abd. poll. longus, ext. poll. longus, ext. indicis proprius, ext. poll. brevis.

Der N. radialis ist nur für die Streckung der Fingergrundgelenke allein zuständig (M. ext. digit. communis); an der Streckung der Mittel- und Endgelenke sind auch die Binnenmuskeln der Hand mitbeteiligt. Am Daumen ist er allein für die Extension in allen Gelenken verantwortlich.

Die Höhe des Abgangs der verschiedenen Muskeläste ist sehr wichtig, da durch sie die Ausfallserscheinungen bei

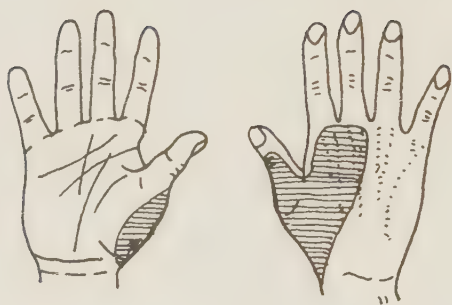


Abb. 1 :: (nach NIGST ,1955)
Sensibles Versorgungsgebiet des
N. radialis an der Hand.

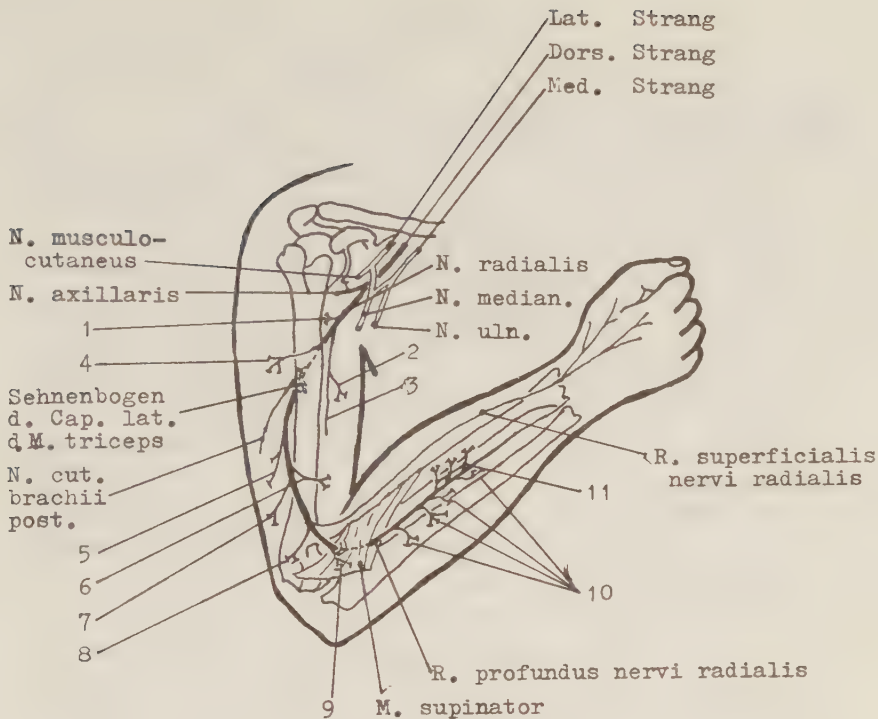


Abb. 2 : (nach BARTON, 1973)

Motorische Innervation und Topographie
des N. radialis.

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 : M. triceps (Cap. long.) | 9 : M. supinator |
| 2 : M. triceps (Cap. med.) | 10 : M. ext. carpi ulnaris, |
| 3 : M. anconaeus | M. ext. digiti minimi, |
| 4 : M. triceps (Cap. lat.) | M. ext. digit. communis, |
| 5 : M. brachioradialis | M. ext. indicis |
| 6 : M. brachialis | 11 : M. abd. poll. longus, |
| 7 : M. ext. carpi rad. longus | M. ext. poll. brevis, |
| 8 : M. ext. carpi rad. brevis | M. ext. poll. longus |

verschieden hoher Läsion des Nerven bestimmt werden (Abb. 2).

Anatomischer Verlauf und Topographie:

Der N. radialis entstammt aus dem dorsalen Strang des Plexus brachialis, d.h. aus den Segmenten C5 - Th1. Er ist fast so stark wie der N. medianus und verläuft dorsal der A. axillaris und des N. ulnaris vor dem M. subscapularis sowie den Sehnen des M. latissimus dorsi und des M. teres maior nach distal. Der N. radialis zieht dann dorsal dicht dem Humerus anliegend in einer langen Spirale im Sulcus nervi radialis zwischen Caput lat. und Caput med. des M. triceps weiter abwärts. Über ein Drittel seines Verlaufes am Arm liegt der N. radialis so in direktem Knochenkontakt (GURDJIAN und GOETZ, 1934).

Nach Durchbohren des Septum intermusculare lat. zu Beginn des distalen Oberarmdrittels, dem sog. "Hiatus nervi radialis", einer physiologischen Engstelle, gelangt er von radial in die Ellenbeuge zwischen M. brachialis und M. brachioradialis. Volar des Capitulum radii oder etwas höher teilt er sich in seine beiden Endäste: der sensible R. superficialis verläuft oberflächlicher unter dem M. brachioradialis, den er durchbohrt und dann im distalen Unterarmdrittel subkutan über der Streckseite des Radius verläuft. Hier zweigt er sich in die Hautäste der radialen Hälfte des Handrückens und der Grundglieder der ersten drei Finger auf.

Der motorische R. profundus durchbohrt den M. supinator und gelangt in die Streckerloge des Unterarmes zwischen oberflächlicher und tiefer Muskelschicht. Er teilt sich am Unterrand des M. supinator in zwei Hauptäste. Der eine gelangt von unten zum M. ext. digit. communis, M. ext. digiti minimi und M. ext. carpi ulnaris. Der andere zieht weiter distal zu den drei langen Daumenmuskeln und zum M. ext. indicis. Als Endast des R. profundus zieht der N. interosseus antebrachii post. auf der Membrana interossea zu den Handgelenken nach distal. Der R. profundus ist aufgrund seines relativ tiefen Verlaufs gegen Läsionen durch Druck, Kontusion oder oberflächliche Wunden recht gut geschützt.

Zur inneren Topographie vgl. Abb. 3 .

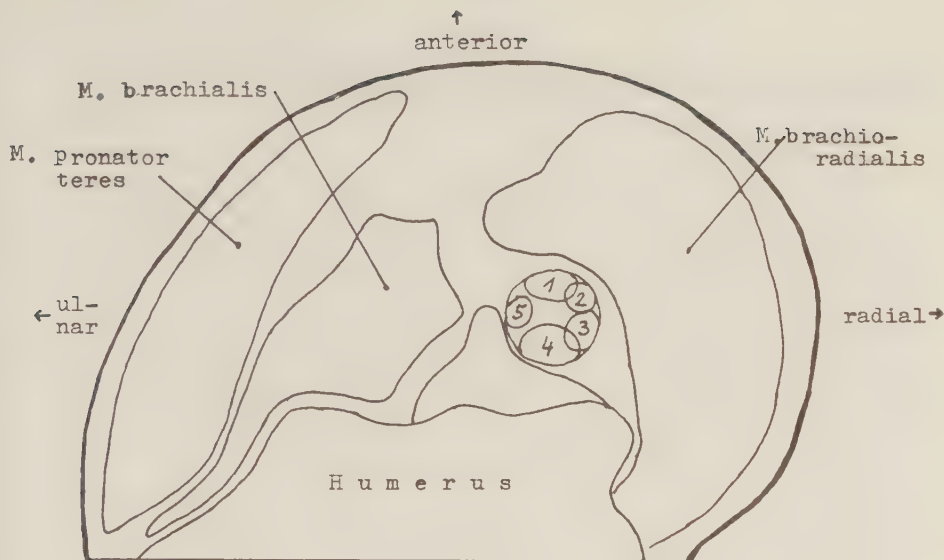


Abb. 3: (nach VULPIUS und STOFFEL, 1913)

Innere Topographie des N. radialis.

Querschnitt durch den gestreckten linken Ellbogen in Höhe der beiden Epicondylen. Der N. radialis ist der Übersicht halber größer gezeichnet. Im Nervenquerschnitt bedeuten:

- 1 : Fasern des R. superficialis,
- 2 : Fasern zum M. brachioradialis,
- 3 : Fasern zu den Mm. ext. carpi radiales et ulnaris,
- 4 : Fasern des R. profundus,
- 5 : Fasern zum M. supinator .

II.) KLINISCHES BILD DER RADIALIS - LÄSION.

1.) Allgemeines:

Die Ausfallserscheinungen sind abhängig von der Höhe der Läsion. Motorische und sensible Ausfälle ergeben sich nur bei höherer Verletzungsstelle proximal der Teilung in R. superficialis und R. profundus.

Die motorischen Defekte sind außerordentlich gravierend. Bei entsprechend hoher Durchtrennung sind alle vom N. radialis innervierten Muskel (Abb. 2) gelähmt. Verletzungen des N. radialis bedingen damit die schwersten Funktionsstörungen von allen peripheren Nervenverletzungen (FRANKL, 1898, SUDŁECKI, 1919). "Die Verletzung des N. radialis ist praktisch dem Verlust einer Hand gleichzusetzen." (GILAN-SCHAH, 1949).

Infolge der Lähmung der Handstrecker kommt es zum schwerwiegendsten Symptom, der typischen Fallhand, auch Hänge- oder Kußhand genannt: die Hand hängt in Beugestellung kraftlos herab. Die Streckung des Handgelenks, der Gelenke des Daumens und der MP-Gelenke der Langfinger ist unmöglich, die Streckung der PIP-Gelenke ist partiell möglich. Der Faustschluß ist kraftlos: wegen der fehlenden Extension im Handgelenk verkürzt sich der Abstand zwischen Ursprung und Ansatz der Beuger soweit, daß diese "aktiv insuffizient" werden (BASTOS, 1926, GEORG, 1960). Indirekt sind damit also auch die Fingerbeuger in ihrer Funktion erheblich eingeschränkt. Ein kraftvoller Faustschluß kann nur bei dorsalflektiertem Handgelenk erfolgen, bei gebeugtem Handgelenk büßt der Faustschluß drei Viertel seiner Kraft ein. Der Ausfall der Handstrecker wird deshalb von PERTHES (1918) als die schwerste Schädigung bei der Radialisläsion bezeichnet.

Die Finger können in den Grundgelenken nicht mehr gestreckt werden, sie sind damit als Zugreißorgan praktisch wertlos. Neben der Beeinträchtigung der Kraft ist also auch die Öffnung und Erhebung der Hand in Greifstellung ausgefallen.

Der Daumen steht in Adduktions- und Oppositionsstellung und behindert durch sein "Im-Wege-Stehen" den Zugriff. Er kann im Sattelgelenk nur unwesentlich durch den vom N. medianus

innervierten M. abd. poll. brevis abduziert, aber gar nicht gestreckt werden. Nach SAIKKU (1947) ist der M. abd. poll. brevis allerdings nur wirksam, wenn gleichzeitig die Extensoren aktiv sind. Der M. abd. poll. brevis strahlt außerdem zwar mit einem Teil in die Sehne des M. ext. poll. longus ein, dies führt aber nur bei Adduktionsstellung des Daumens zu einer einigermaßen wirksamen Streckung des Endgliedes (BILLINGTON, 1922). - Durch das Absinken des Sattelgelenkes wird das Gewölbe des Daumens aufgehoben, ein schwacher Spitzgriff ist die Folge (BUNNELL, 1958). Bei gebeugtem Metacarpophalangealgelenk ist eine schwache Streckung des Daumenendgliedes durch Zug der Thenarmuskulatur an der Dorsalaponeurose möglich, wie schon 1745 von SABATIER (zit. bei KÖNIG, 1947 ; vgl. auch MÜLLER, 1915) festgestellt wurde.

Ferner sind bei Radialisschädigung wegen des Ausfalls der radialen und ulnaren Handstrecker auch die Abduktion und Adduktion der Hand behindert und von gleichzeitigen Beugebewegungen begleitet.

Zusammengefaßt:

"Bei der Radialislähmung hat die Hand als Greiforgan schwere Einbuße bei der Öffnung und noch schwerere beim Schließen der Greifzange erlitten und 3/4 aller Greifkraft verloren. Die Verletzten haben zwar noch ihre Hand, aber da 9/10 aller Verrichtungen Greifbewegungen sind, so können sie wenig damit anfangen: Zufassen, Halten schwerer Gegenstände, Essen, Rasieren, Schreiben, Klavierspielen und vieles mehr ist ihnen unmöglich." (BAUER, 1946)

In der Folge kommt es über die Lähmungserscheinungen hinaus noch zu weiteren Komplikationen: die paralysierten Muskeln unterliegen im Laufe der Zeit einer fortschreitenden Atrophie (ENDER et al., 1956). Diese wird beschleunigt durch Stilllegung oder Überdehnung der gelähmten Muskeln. Die Atrophie setzt bei vollständiger Nervendurchtrennung erst nach 2-3 Wochen ein und erreicht ihr Maximum nach 8-10 Wochen. Demnach ist eine

völlige restitutio ad integrum nur möglich, wenn die Reinnervation binnen 8 Wochen erfolgt (ERBSLÖH und HAGER, zit. bei J. BÖHLER, 1973).

Es kann ferner zu schweren Beugekontrakturen kommen, von denen Hand- und Fingerbeuger sehr schnell betroffen werden.

Auch der durchtrennte Nerv selbst degeneriert. Man kann davon ausgehen, daß drei Jahre nach der Läsion irreversible Verhältnisse vorliegen (ARENDT, zit. bei SCHARIZER, 1970).

Reflexe: Manche Reflexe an der oberen Extremität fehlen bisweilen auch beim Gesunden. Diagnostisch deutet also nur das einseitige Fehlen des Radiusperiostreflexes auf eine Radialisläsion hin.

Vegetative Ausfälle: Sie sind nach ENDER et al. (1956) relativ selten, oft unauffällig und äußern sich bei Totaldurchtrennung des Nerven in kalter, blasser, zyanotischer Haut. Die vegetativen Störungen greifen meist über das eigentliche Gebiet des betroffenen Nerven hinaus. Im Gebiet der Analgesie treten häufig sekretorische Defekte der Schweißdrüsen auf.

Neben den typischen Ausfällen bei Total-Lähmung, z.B. im Plexusbereich, oder bei klassischer hoher und tiefer Läsion findet man oft auch sogenannte dissoziierte oder partielle Paresen, wenn die Verletzung selektiv einzelne Muskeläste des N. radialis erfaßt oder nur Teildurchtrennungen vorliegen. Häufig bleiben solche dissoziierten Ausfälle einzelner Muskeln auch bei unvollständiger Regeneration nach Nervenoperationen zurück. Aufgrund dieser diffusen Lähmungsbilder erscheint die übliche Einteilung in "hohe" und "tiefe" Läsion etwas grob. Sie hat sich aber bewährt.

Zum Schluß sei daraufhingewiesen, daß die radialisgelähmte "Beihand" oder "Haltehand" - insbesondere bei manuell tätigen Menschen - eine genauso schwere Behinderung darstellt wie die solcherart geschädigte "Gebrauchshand".

2.) Ausrallerscheinungen bei totaler Radialisparese:

Definition: Als "totale Radialisschädigung" bezeichnen wir die völlige Leitungsunterbrechung des Nerven proximal des Abgangs der Aste zum M. triceps. (Abb. 2)

Die Verletzungsstelle liegt im Plexusbereich, also in der Axilla oder proximal davon. Meist sind dann auch andere Nerven mitbetroffen.

Sensibilitätsausfall: Der sensible Ausrall betrifft das gesamte Versorgungsgebiet des N. radialis: ein Streifen auf der Streckseite des distalen Oberarmes, ein Feld auf der Streckseite des Unterarmes sowie das typische Areal an der Hand und an den ersten 3 Fingern sind gefühllos (Abb. 1). Der sensible Ausfall ist aber variabel, in der Regel wenig bedeutend - da für das Tastgefühl unwesentlich - und kann toleriert werden. Zudem übernehmen zuweilen andere Nerven durch Einwachsen teilweise die Versorgung der betroffenen Hautareale (KRIDA, 1930). Die Zone zwischen erstem und zweitem Metacarpus am Handrücken bleibt am längsten gefühllos (HOFFA, 1925). Gelegentlich kommt es auch zu keinerlei sensiblen Ausfällen, wegen des möglichen Bestehens von hohen Anastomosen mit dem N. musculocutaneus oder den ulnaren Hautnerven (NIGST, 1955).

Motorischer Ausfall: Alle vom N. radialis innervierten Muskeln sind gelähmt. Dies bedeutet durch den Ausfall des M. triceps den Verlust der Streckfähigkeit des Unterarmes im Ellenbogengelenk (siehe auch S. 149). Funktionell im Vordergrund steht aber der Verlust der Streckmöglichkeit der Hand- und Fingergelenke, da der Ausfall des M. brachioradialis und des M. supinator von der Funktion des nicht radialis-innervierten M. biceps und des nicht radialis-innervierten Teiles des M. brachialis kompensiert wird.

3.) Ausfallserscheinungen bei typischer "hoher Läsion".

Definition: Als "hohe Läsion" bezeichnen wir die Schädigung im Bereich distal des Abgangs der Äste zum M. triceps bis hin zur Gabelung des N. radialis in seinen R. superficialis und R. profundus, also etwa das Gebiet zwischen oberem Humerusdrittel und Ellenbogengelenk, wo der Nerv dem Humerus eng anliegt und durch den Tricepsschlitz zieht. In diesem Bereich ist der N. radialis besonders gefährdet, z.B. durch Humerusfraktur oder deren operative Behandlung.

Bei Schädigung distal der Oberarmmitte entgehen der M. triceps und u.U. auch der M. brachioradialis der Lähmung. Seltener liegt die Abgangsstelle der Äste zu den radialen Handstreckern so hoch, daß auch diese nicht betroffen sind.

Bei gestrecktem Arm ist die Supination oft deutlich behindert. Bei gebeugtem Arm kann dagegen mit Hilfe des M. biceps supiniert werden. Es kann jedoch durch Überwiegen der Pronatoren zu einer Pronationskontraktur kommen, welche die Gebrauchsfähigkeit zusätzlich stark behindert (VULPIUS, 1914).

Typisches Kennzeichen der hohen Läsion ist die Fallhand in der oben beschriebenen Weise.

Die Sensibilitätsstörungen beschränken sich - da der N. cut. brachii dorsalis meist erhalten bleibt - auf das Versorgungsgebiet des N. cut. antebrachii dorsalis, also auf die Unterarmstreckseite, und natürlich auf den Bereich des R. superficialis.

4.) Ausfallserscheinungen bei typischer "tiefer Läsion":

Definition: Als "tiefe Läsion" werden alle Verletzungsstellen des tiefen motorischen Radialisastes distal der Aufzweigung in R. superficialis und R. profundus bezeichnet.

Bei Verletzungen am Unterarm distal des Ellenbogens ist nur der tiefe motorische Ast betroffen. Die Äste zu den

radialen Handstrecker~~en~~ gehen höher ab; der M. ext. carpi ulnaris ist dagegen meist gelähmt. Die Handgelenkstreckung ist also noch möglich.

Ausgefallen sind hingegen bei der typischen tiefen Radialisläsion die drei langen Daumenmuskeln Mm. ext. poll. longus et brevis und M. abd. poll. longus sowie die Fingerstrecker. Die Fallhand beschränkt sich hier also auf das "Fallen" in den Fingergrundgelenken. Nach ALLBRITTEN (1946) ist der Funktionsdefekt bei der tiefen Läsion aber fast so schwerwiegend wie bei der hohen Läsion, da auch bei ersterer die Hand nicht für den Greifakt geöffnet werden kann.

Beim Versuch, das Handgelenk und die Finger zu extendieren, kommt es zu einer typischen Radialabduktion der Hand infolge Ausfall des M. ext. carpi ulnaris mit Drehung des Handrückens zur Elle hin.

Die Ursache für die typische tiefe Läsion ist eine Verletzung des R. profundus im Supinator-Kanal, die Ausfallserscheinungen der tiefen Läsion werden daher auch als "Supinatorlogensyndrom" bezeichnet.

Der R. superficialis bleibt beim Supinatorlogensyndrom intakt, so daß keine Sensibilitätsausfälle auftreten.

Wird der R. profundus weiter distal unterbrochen, so treten diffuse Lähmungsbilder auf, wobei z.B. die Fingerstrecker intakt, die Strecker des Daumens dagegen gelähmt sein können.

5.) Zusammenfassung:

- a.) Totale Radialislähmung: alle vom N. radialis innervierten Muskeln einschließlich des M. triceps sind gelähmt; die Sensibilität ist auch am Oberarm gestört.
- b.) Hohe Läsion: der M. triceps ist intakt, die Hand-, Finger- und Daumenstrecker sowie der M. abd. poll. longus, M. supinator und M. brachioradialis sind gelähmt. Sensibilitätsverlust nur am Unterarm und an der Hand.

- c.) Tiefe Läsion (Supinatorlogensyndrom): Die radialen Handextensoren sind intakt, Handstreckung ist also möglich. Nur die Finger- und Daumenstrecker sowie M. abd. poll. longus und M. ext. carpi ulnaris sind gelähmt. Es bestehen keine Sensibilitätsstörungen.
- d.) Diffuse partielle Paresen: einzelne Muskeläste des N. radialis sind geschädigt, es kommt zu variablen Lähmungsbildern.

Die beschriebene Einteilung erscheint mir sinnvoll, da bezüglich der Ersatzoperation jeweils typische Operationspläne für "hohe" und "tiefe" Läsion existieren. Außerdem haben die häufigsten Ursachen für Radialislähmungen ebenfalls die typischen hohen - z.B. bei Humerusfraktur - und tiefen Ausfallerscheinungen zur Folge.

III.) URSACHEN UND HÄUFIGKEIT DER RADIALISLÄSION.

Zunächst interessierte die Radialis-Verletzung im Kriege. Dies ist für uns hier und heute zum Glück nicht aktuell, aber insofern wichtig, als die enorm hohe Zahl von Radialislähmungen in den Kriegen dieses Jahrhunderts die Entwicklung der Radialisersatzoperation entscheidend gefördert hat.

Die Radialisläsion ist die häufigste aller Kriegslähmungen. 25 % aller peripheren Nervenverletzungen im Kriege betreffen den N. radialis (BAISCH, 1919; GILAN-SCHAH, 1949). In neuerer Zeit hat OMER (1974, 1975) eine Studie über Häufigkeit, Art und Ausmaß von Nervenverletzungen im Vietnam-Krieg veröffentlicht.

Im Frieden findet man dagegen Radialisverletzungen - insbesondere irreparabler Art - vergleichsweise selten. So gibt es in Friedenszeiten selbst in großen Kliniken nicht allzu viele Patienten für Radialisersatzoperationen. Einschlägige Veröffentlichungen können daher meist nur mit wenigen Fällen aufwarten, wie auch diese Arbeit: 21 Radialisersatzplastiken, die über einen Zeitraum von gut 20 Jahren verteilt sind.

Die Hauptursache für Radialislähmungen sind Frakturen: der N. radialis stellt den größten Teil frakturbedingter Nervenläsionen (KRENKEL, 1967). Dies erklärt sich aus dem Verlauf des Nerven, der wegen seiner Nähe zum Humerusschaft bei Oberarmfrakturen besonders leicht mitbetroffen sein kann. L. BÜHLER (zit. bei J. BÜHLER, 1973) fand bei 1019 Oberarmschaftbrüchen 78mal - d.h. 8 % - eine primäre Radialisläsion. Darunter waren allerdings 41 (entspricht 55 %) Spontanerholungen meist innerhalb von 8 bis 12 Wochen. Radialisschäden fanden SCUDDER (zit. bei GURDJIAN und GOETZ, 1934) bei 4 - 7 %, PLATT (zit. ebd.) bei 5 % und GURDJIAN und GOETZ (1934) selbst bei 3 - 4 % aller Oberarmbrüche; zu den Angaben von weiteren Autoren vergleiche Tabelle 1, S. 19.

Unter unseren 21 Fällen mit irreparabler Radialisläsion waren 7, also 33 %, auf Humerusfrakturen zurückzuführen.

Gelegentlich - allerdings nicht bei unseren Fällen - entsteht die Lähmung dabei nicht primär durch die Fraktur,

sondern iatrogen bei der operativen Behandlung derselben.

Häufig ist die Lähmung auf Kompression oder Ummauerung des Nerven durch Narbengewebe und Kallusmassen zurückzuführen, in diesen Fällen kann der Ausfall auch sekundär, d.h. erst nach Tagen oder Wochen auftreten (SAEGESSER, 1972).

Bei Oberarmbrüchen bleibt der geschädigte N. radialis jedoch meist in seiner Kontinuität erhalten, so daß die Funktion in vielen Fällen spontan regeneriert (NIGST, 1969, UMER, 1974).

Außer bei Frakturen des Humerus können Radialisläsionen auch nach Luxationen oder Frakturen des Radiusköpfchens und nach Unterarmbrüchen auftreten.

Typische Ursachen für totale und hohe Radialisläsion:

Die häufigste Ursache für die hohe Läsion ist - wie gesagt - die Humerusfraktur.

Verletzungen des Plexus brachialis sind im Frieden relativ selten, eine gewisse Häufung findet sich im dritten Lebensjahrzehnt durch Motorradunfälle (KRENKEL, 1967, SAEGESSER, 1972).

Totale Radialisparesen - meist unter Mitbeteiligung des N. axillaris - fand BUNNELL (1958) bei Schulterverrenkungen. Typische Drucklähmungen im Axilla-Bereich treten z.B. bei Krückerträgern auf.

Schwellungen oder raumfordernde Prozesse wie Tumore, Kallus, Hämatome führen zu einer Kompression des N. radialis, wenn er gegen den Rand des Hiatus nervi radialis gepreßt wird; dies wird als "proximales Radialiskompressionssyndrom" (WILHELM, 1970) oder als "Hiatus-Syndrom" (MILLESi, 1979) bezeichnet.

Typische Ursachen für die tiefe Radialisläsion:

Das Supinatorlogensyndrom wird von WILHELM (1976) auch als "distales Radialiskompressionssyndrom" bezeichnet, wenn der Nerv durch entzündliche oder raumfordernde Prozesse in der Supinatorloge, durch anatomische Varianten wie einschnürende Sehnenstränge und dergleichen oder durch Narbengewebe geschädigt wird.

Nach MILLESi (1979) treten im Supinatorkanal gehäuft Nervengewebs-Geschwülste auf; ferner können eine Entzündung

der Bursa tendinis bicipitis, ein Cubitus valgus, oder Veränderungen im Radiohumeralgelenk zu einer tiefen Radialisläsion führen.

Als Hauptursache fanden wir bei unseren 10 Patienten mit irreparabler tiefer Läsion in 5 Fällen Weichteilwunden am Unterarm durch Quetschung oder Schnittverletzungen (siehe S. 179) .

Die jeweiligen Ursachen für die Lähmung bei unseren Patienten werden im vierten Abschnitt (S. 179) im Zusammenhang erläutert.

Weitere Ursachen für Radialisläsionen:

Die Literatur bietet eine Fülle von häufigen, teils aber auch sehr seltenen Ursachen für Radialisschädigungen. Davon seien genannt:

- iatrogene Läsionen: meist bei der operativen Versorgung von Oberarmbrüchen, weshalb J. BÖHLER (1973) rät, Humerusfrakturen möglichst konservativ zu behandeln. Eine tiefe Radialisläsion kann iatrogen durch Operationen im Bereich der radialen Ellenbeuge verursacht werden, etwa bei Resektion des Radiusköpfchens, wie bei einem unserer Fälle vorgekommen (Fall Nr. 16, vgl. S. 206) .
- Druckschädigung des N. radialis am Oberarm: Kompression im Schlaf, zu enge Verbände, falsch angelegte Blutleere (WITT, 1947), falsche Lagerung auf dem OP-Tisch.
- Osteomyelitis des Humerus.
- Polyarteriitis nodosa (BELSOLE et al., 1978).
- Lipome: die Kompression des N. profundus durch ein Lipom scheint nicht selten zu sein, mehrere Autoren berichten darüber: WINTSCH (1973), BARTON (1973), SÜNRAM und HIPPE (1979), MILLESI (1979). Auch unter unseren Patienten

gab es einen Fall (Nr. 14, siehe S. 205) von tiefer Läsion nach Exstirpation eines Lipoms.

- Neurinome: Diese eigentlich vom Nerven ausgehenden Geschwülste sind relativ selten (KRENKEL, 1967). Bei unserem Fall Nr. 4 (S. 194) war ein Neurinom Ursache einer irreparablen hohen Radialisläsion.
- Injektionen am Oberarm.
- Die angeborene isolierte Radialisparese ist interessant, aber sehr selten, und wurde schon von SPITZY (1918) beschrieben. Nach SÜNNRAM und HIPPE (1979) kann sie bedingt sein durch Geburtstrauma (vgl. auch M. LANGE, 1935), intrauterine Druckschädigung und - in einem Fall beschrieben - durch ein angeborenes Angioleiomyom.
- Poliomyelitis: diese früher sehr häufige Krankheit war nach HASS (1929) damals die Hauptindikation für Radialisersatzoperationen im Frieden.
- "Tennisarm": CAPENER (zit. bei BARTON, 1973) fand einige Fälle, wo der N. radialis dabei geschädigt war.

Weiterhin möchte ich auf die Arbeit von BARTON (1973) verweisen, der die möglichen Ursachen einer Radialisläsion ausführlich beschreibt. Aus dieser Arbeit entnommen ist auch die folgende Tabelle, die den Prozentsatz von Radialisschädigungen bei einigen typischen Armverletzungen wiedergibt.

Tabelle 1 : (nach BARTON, 1973)

Fälle (%) von hoher oder tiefer Radialisläsion bei
typischen Armverletzungen.

Verletzung:	Autoren:	Lähmung (Fälle,%)
Humerusschaft- fraktur	GARCIA / MAECK 1960	27 von 226 = 12 %
	KLENERMANN 1966	10 von 98 = 11 %
	NOTTINGHAM 1973	5 von 57 = 9 %
Suprakondyläre Humerusfraktur	WATSON-JONES 1930	2 von 87 = 2 %
	LIPSCOMB / BURLESON 1955	11 von 108 = 10 %
	ELD 1971	3 von 168 = 2 %
	DODGE 1972	5 von 84 = 6 %
Dislokation des Ellenbogens	WATSON-JONES 1930	2 von 95 = 2 %
MONTEGGIA-Fraktur u. Dislokation	SMITH 1947	6 von 25 = 24 %
	BOYD / BLAIS 1969	5 von 159 = 3 %
Schaftbruch von Radius und Ulna	BOLTON / QUINLAN 1952	2 von 92 = 2 %
	SMITH / SAGE 1957	32 von 338 = 9 %

Zusammenfassung:

Die Radialisläsion ist die häufigste von allen peripheren Nervenverletzungen, was wohl hauptsächlich auf die besondere Vulnerabilität des Nerven bei Humerusfrakturen zurückzuführen ist. Es überrascht daher nicht, daß auch die Zahl der irreparablen Verletzungen des N. radialis und damit die Zahl der Ersatzoperationen größer als bei allen anderen Nerven ist.

Bezüglich "Ursachen und Häufigkeit" der Läsion in unserem Patientengut siehe S. 179 !

IV.) DAS SOZIALE ELEMENT BEI DER RADIALISLÄHMUNG

Wie bereits gesagt, verliert die Hand bei der Radialislähmung den größten Teil ihrer Gebrauchsfähigkeit. Der so geschädigte Patient wird also als körperbehindert einzustufen sein; er kann nicht nur mit hoher Wahrscheinlichkeit seinen Beruf nicht mehr ausüben, sondern hat auch mit all den selbstverständlichen Verrichtungen des täglichen Lebens (z.B. Essen, Knöpfeschließen, Schreiben) größte Schwierigkeiten. Die sozialen Konsequenzen einer Radialislähmung sind also einschneidend.

Es ist das große Verdienst der Radialisersatzoperation, diesen Patienten mit irreparabler Läsion wieder eine Funktions- und gebrauchsfähige Hand zu geben. Je nach Erfolg dieser Ersatzoperation wird der Patient im Idealfall seinen alten Beruf wieder ausüben können. Ist der Patient dann auch subjektiv mit dem Resultat zufrieden, so kann die Ersatzplastik als ein voller Erfolg betrachtet werden. Zum Grad der Erwerbsminderung und zur Frage des Berufswechsels bei unseren Patienten vgl. S. 175.

Andererseits kann auch die beste Ersatzoperation keine vollständige restitutio ad integrum schaffen. So bleibt die Kraft des Faustschlusses meist deutlich geschwächt.

Von besonderer Wichtigkeit ist es in jedem Fall, den Operationsplan individuell auf den Patienten abzustimmen. Schon SPITZY (1918) wies auf die Bedeutung des "Operationsplans nach sozialen Gesichtspunkten" hin, so sollte ein Schwerarbeiter mit einer Tenodese versorgt werden.

Die Ersatzoperation muß aber nicht nur auf den Beruf abgestimmt werden: das Gesamtbild des Patienten ist wichtig, wobei besonders die Eigeninitiative des Verletzten große Bedeutung erlangt. Hierzu hat KRENKEL (1967) auf die Altersabhängigkeit hingewiesen: bei Kindern drängen die Eltern auf frühzeitige Wiederherstellung, außerdem ist die "Plastizität" und Anpassungsfähigkeit bei jüngeren Menschen größer, und die motorische Aktivität des spielenden Kindes entspricht einer exzellenten Nachbehandlung.

Im Gegensatz dazu kann man nach KRENKEL (1967) beim Erwach-

senen oft ein trauriges Erlahmen der Initiative beobachten: die Schmerzlosigkeit der Lähmung im Vergleich zu umständlichen oder unangenehmen Prozeduren wie etwa der Reizstrombehandlung drückt die aktive Mitarbeit der Patienten.

Bei den Lähmungen aller Armnerven, besonders evident aber bei der Radialisläsion fand KRENKEL den Umstand, daß viele Patienten sich mangels Eigeninitiative erst sehr spät in entsprechende fachchirurgische Behandlung begeben: 50 % aller Versicherten wurde erst 15 Monate oder später nach der Verletzung untersucht. Im Gegensatz dazu kamen die Privatpatienten vergleichsweise erheblich früher. Mitarbeit und Initiative des Patienten sind aber wichtige Faktoren für die Erfolgsaussichten einer Ersatzoperation.

Die bei der Nachuntersuchung unserer Patienten bezüglich sozialer Gegebenheiten erhaltenen Resultate sind auf S.174 ausführlich beschrieben.

V.) THERAPIEMÖGLICHKEITEN.

1.) Grundsätzliches:

Um den Stellenwert der Ersatzoperation bei der Behandlung der Radialislähmung einschätzen zu können und auch, um die Indikation zu bestimmen sollen zunächst die prinzipiellen Therapiemöglichkeiten erörtert werden.

2.) Konservative Maßnahmen:

Am einfachsten und günstigsten ist es, wenn keinerlei chirurgische Intervention erforderlich ist, da sich der geschädigte Nerv im Laufe der Zeit spontan erholt und die Funktion wiederkehrt. Wie wir sahen, besteht hierfür z.B. bei primären Radialisläsionen in Folge von Oberarmfrakturen eine relativ gute Prognose.

Grundsätzlich ist es wichtig, die Hand vom Zeitpunkt der Verletzung bis zur Wiederherstellung aktiv zu behandeln, um noch erhaltene Funktionen zu üben, die Gelenke beweglich zu halten und um Kontrakturen und Überdehnungen zu vermeiden.

Die Behandlung erfolgt dabei in Zusammenarbeit mit dem Neurologen.

Zeigt der Nerv nach fünf Monaten noch keine Erholungsanzeichen, so besteht nach BUNNELL (1958) spätestens dann Indikation zur Operation.

Man muß sich aber davor hüten, durch ein abwartendes Prinzip des "wait and see" die Indikation zur Operation nicht wahrzunehmen.

3.) Nervenoperationen:

Prinzipiell ist es wünschenswert, eine Wiederherstellung möglichst durch k a u s a l e Therapie, also durch einen operativen Eingriff am geschädigten Nerven selbst zu erreichen.

Nervenoperationen sind allerdings an bestimmte Voraussetzungen gebunden und nicht indiziert, wenn Wundinfektionen,

schwere Gelenkkontrakturen und irreversible Atrophien vorliegen (ENDER et. alt., 1956). Drei Jahre nach der Verletzung stellen sich irreparable Verhältnisse ein, so daß man nach Überschreiten dieser Zeitspanne nur geringe Aussichten für eine ausreichende Regeneration der motorischen Funktion einräumen kann.

Fortschreitende Muskelatrophie kann die Chancen auf Wiederherstellung unabhängig vom Erfolg oder Mißerfolg der Nervenoperation an sich recht zweifelhaft erscheinen lassen.

An dieser Stelle sollen die wichtigsten Verfahren kurz erwähnt werden, um ihre Erfolgsaussichten abschätzen zu können, da diese mitbestimmend für Indikation und Zeitpunkt der Ersatzoperation sind.

a.) Revision:

Erscheint die spontane Regeneration des Nerven unwahrscheinlich oder läßt sie zu lange auf sich warten, so ist eine operative Freilegung angezeigt.

Stellt sich bei der Revision bereits heraus, daß eine Wiederherstellung des Nerven von vornherein aussichtslos ist, so kann - sofern entsprechende Vorbereitungen getroffen wurden und ein befähigtes Operationsteam zugegen ist - sofort die Radialisersatzplastik durchgeführt werden. Ein Beispiel hierfür ist unser Fall Nr. 20: Revision zeigt irreparable Verhältnisse wegen irreversibler Muskelatrophie, daher sofort Entschluß zur Sehnenplastik und Ausführung derselben (vgl. auch S. 210).

b.) Neurolyse:

Häufig wird der N. radialis durch das Trauma nicht gänzlich durchtrennt, sondern nur - etwa nach einer Fraktur - in Kallus oder Narbengewebe eingemauert. Die Neurolyse hat dann gute Erfolgsaussichten.

In der Regel ist die Neurolyse oberhalb des Ellenbogens erfolgreicher als unterhalb davon (OMER, 1974).

c.) Nervennaht:

Die Prognose der Nervennaht hat sich durch Einführung wesentlich verfeinerter Techniken der Mikrochirurgie in der letzten Zeit deutlich gebessert, wenn auch die perfekte Wiederherstellung der Funktion durchtrennter Nerven nur in seltenen Ausnahmefällen erreichbar ist (NIGST, zit. bei GELOMACHER, 1969). MARTINI und ZELLNER (1976) erklären das deutliche Zurückgehen der Anzahl durchgeführter Radialisersatzplastiken durch die Erfolge der mikrochirurgischen Nervennaht.

Oft ist die Nervennaht aber nicht durchführbar: bei einigen unserer Patienten mußte ein Nahtversuch im Gewirr der feinen und feinsten Verästelungen des R. profundus aufgegeben werden.

Verschiedene Parameter beeinflussen die Erfolgsaussichten: so ist bei Jugendlichen die Prognose deutlich besser als bei Erwachsenen; schlechtere Aussichten bestehen dagegen bei Verletzungen mit ausgedehnten Gewebsschädigungen, dafür umso günstigere, je weiter peripher die Naht erfolgt (GELDMACHER, 1969).

Für das Verhältnis "Ersatzoperation - Nervennaht" ist es wichtig, die zahlreichen den Erfolg der Nervenoperation beeinflussenden Parameter im individuellen Einzelfall abzuschätzen. Die Erfolge der mikrochirurgischen Nervennaht in neuerer Zeit sprechen dafür, wo immer möglich die Wiederherstellung durch Eingriffe am Nerven selbst zu versuchen. Nach KRENKEL (zit. bei SAEGESSER 1972) beträgt die Erfolgsrate von Nervennähten des N. radialis innerhalb von 6 Monaten

Erscheint die Nervenoperation dagegen aussichtslos, so sollte an ihrer Stelle die Ersatzoperation durchgeführt werden.

Schwierig bleibt die Beurteilung, a b w a n n eine durchgeführte Nervennaht bei Ausbleiben der Regeneration endgültig als erfolglos betrachtet werden darf. Die Frage dieser "Wartezeit", die man einem genähten Nerven zur Erholung zubilligen muß, wurde in der Literatur kontrovers diskutiert und wird uns noch bei der Frage der Indikation der Ersatzoperation beschäftigen.

d.) Nerven-Transplantation :

Ist der Defekt für eine Naht zu groß, wurde schon vor längerer Zeit immer wieder versucht, durch Transplantate eine Heilung zu erzielen. Früher meist erfolglos, hat die Nerven-Transplantation heute Ihren Platz erobert.

Heute gilt eine Transplantation sogar für erfolgreicher als eine Nerven-naht unter Spannung (MILLESI, zit. bei SCHARIZER, 1970, ZILCH und BUCK-GRAMCKO, 1975).

e.) Zusammenfassung:

Die vor Jahrzehnten von manchen Autoren vertretene Ansicht, die Radialisersatzoperation wäre einer Nervenoperation vorzuziehen, ist heute nicht mehr zu halten.

Wegen der zunehmend guten Erfolge der mikrochirurgischen Nervenoperation werden im Gegenteil die Ersatzplastiken immer seltener. Ihre Indikation behaupten sie noch wie vor bei wirklich "irreparablen" Nervenläsionen - wobei sich die Beurteilung dessen, was als "irreparabel" zu gelten hat, im Laufe der Zeit mit den Fortschritten der Nerven-chirurgie ändert.

4.) Radialis - Schienen:

Die Fallhand fordert eine Korrektur durch orthopädische Apparate geradezu heraus: "Radialisschienen" gibt es seit langer Zeit, und zwar in größter Anzahl und von verschiedenster Art. VOLK (1918) berichtete über 50-60 verschiedene Radialisschienen.

Die Radialisschienen gehören in die Gruppe der "Funktions-schienen" (NIGST, 1969), die mit elastischen Zügeln oder Federn die verlorenegegangene Funktion in gewissem Maße wiederherstellen sollen. Meist setzen sie dazu mit einem Bügel in der Hohlhand an und stützen Hand und Finger in Streckstellung.

Die relativ günstigen Erfahrungen mit Schienen haben früher einige Autoren zu der Meinung veranlaßt, eine die Nachteile der Radialisschiene vermeidende "innere Schiene" durch Tenodese wäre ohne aktive Sehnenverpflanzung allein schon ausreichend zur Behandlung der irreparablen Radialis-lähmung.

(ANSINN, 1917; EGLOFF, 1916, vgl. S. 147).

Den Vorteilen der Schienen stehen schwerwiegende Nachteile gegenüber: Apparate sind immer ein Notbehelf. Die Radiallisschiene ist lästig, auffallend, häßlich und unbequem. Deshalb wird sie von vielen Patienten nach kurzer Zeit nicht mehr getragen (HASS, 1919, GILAN-SCHAH, 1949, WILMS und GULEKE, 1927). Die Schienen sind oft schwer und kompliziert und stellen die Funktion doch nur unvollkommen wieder her.

Überdies sind Radiallisschienen dem Patienten manchmal eher hinderlich: der bei den meisten Apparaten durch die Hohlhand verlaufende Querbügel stört erheblich beim Faustschluß und beim Greifen von Gegenständen (PERTHES, 1918).

Durch ständigen Druck, Scheuern und Schweißbildung kommt es oft auch zu Hautschädigungen.

Indikation von Radiallisschienen:

Die erwähnten Nachteile schränken die Indikation von Radiallisschienen erheblich ein: der Einsatz von Schienen als Dauerlösung bei irreparabler Radialislähmung ist nicht angezeigt. In diesen Fällen gibt die Ersatzoperation unvergleichlich bessere Resultate.

Radiallisschienen sind dagegen indiziert zur temporären Behandlung:

- 1.) Postoperativ nach Nervenoperationen; in diesem Fall ist die Schienenbehandlung nach NIGST (1969) sogar entscheidend für den Erfolg.
- 2.) Posttraumatisch, wenn eine Spontanregeneration der Funktion erwartet werden kann. Ziel der Schienenbehandlung ist es in jedem Fall, Überdehnungen der Strecker und Kontrakturen der Beuger solange zu verhindern, bis die Funktion wieder einsetzt oder wiederhergestellt wird. Dies gilt auch für die Vorbehandlung vor einer geplanten Ersatzoperation.
- 3.) Nach einer Radialisersatzoperation soll die Schiene in der Phase der Nachbehandlung getragen werden, bis die neue Funktion der Kraftspender erlernt wurde und keine Überdehnungen mehr zu befürchten sind (LAMPHER

und LITTLER, 1947, SAIKKU, 1947).

5.) Ersatzplastik:

"Ersatzoperationen an der Hand haben zum Ziel, irreparabel verlorengegangene Funktionen durch Veränderungen der normalen Anatomie wiederherzustellen. Man stellt also Zustände her, die es normalerweise gar nicht gibt." (GELOMACHER, 1981).

Dies geschieht vom Prinzip her dadurch, daß die Sehne oder der Ansatz eines gesunden Muskels auf eine oder mehrere Sehnen der gelähmten Muskulatur (oder auch auf Knochen bei der "periostalen Verpflanzung") überpflanzt wird, so daß der gesunde Muskel die Arbeit eines gelähmten leistet.

Sehnenverlagerungen wurden zuerst am Fuß, bald darauf auch an der Hand durchgeführt. Nach VULPIUS (1914) stößt die Ersatzoperation am Arm zwar auf erheblich größere Schwierigkeiten als am Fuß, allerdings müsse bei der oberen Extremität bereits ein Teilerfolg als wertvoll gelten.

Von den irreparablen Nervenläsionen der oberen Extremität bietet die Radialislähmung die beständigen und besten Chancen für eine erfolgreiche Ersatzoperation und gibt im Idealfall "une fonction normale de la main" (MERLE D'AUBIGNE, 1953). Die irreparable Radialisläsion stellt u.a. deshalb ein besonders dankbares Gebiet für Sehnenplastiken dar, weil die Sensibilitäts- und Trophik-Störungen hier gering und tolerierbar sind (ISELIN, 1959). Nach GELOMACHER (1969) sollte daher die Plastik bei irreparabler Nervenschädigung durchgeführt werden im Hinblick

- des N. radialis immer,
- des N. ulnaris abhängig vom individuellen Befund und
- des N. medianus nur bei Wiederherstellung ausreichender Schutzsensibilität.

Im Gegensatz zu Nervenoperationen garantiert die Plastik zuverlässige und vor allem schnelle Resultate, weshalb sie auch heute noch von einigen Autoren für Überlegen gegenüber der Nerventransplantation gehalten wird (SCHIEBE et.al., 1971)

Andererseits sollte man den Wert der Ersatzoperation nicht

Überschätzen - zerstört sie doch die normale Anatomie und die physiologische Funktion irreversibel. "Die Sehnenplastik ist und bleibt eine verstümmelnde Operation." (STOFFEL, 1919). Auch die beste Ersatzoperation bleibt nur ein "Hilfsmittel" (BAISCH, 1919), das - im Gegensatz zu einer ideal gelungenen Nervenoperation - noch weit von einer "restitutio ad integrum" entfernt ist. Sensible, trophische und sekretorische Störungen können überhaupt nur durch Nervenoperationen beseitigt werden.

Die Ersatzoperation bleibt ein palliatives Verfahren, das nur als "ultima ratio" bei tatsächlich irreparablen Schädigungen angezeigt ist, dann aber relativ Hervorragendes leisten kann.

Zusammenfassend:

"Die Sehnenplastik kann natürlich eine völlige Wiederherstellung der physiologischen Bewegungsvorgänge nicht bringen, wohl aber ist sie imstande, funktionell die Gebrauchsfähigkeit der verletzten Extremität wieder herzustellen." (GESSNER und RIEDEL, 1917).

2. A B S C H N I T T :

DIE ERSATZOPERATION BEI DER RADIALISLÄHMUNG!

I.) HISTORISCHES: GESCHICHTE DER RADIALISERSATZPLASTIK.

Das prinzipielle Verfahren der Sehnenüberpflanzung ist genau 100 Jahre alt. Die Geschichte der Radialisersatzoperation beginnt aber erst im Jahre 1894 und kann in folgende fünf Phasen eingeteilt werden:

- 1- 1894 bis ca. 1915: Die Anfänge: Experimente und Ansätze.
- 2- 1916 bis ca. 1920: Der Durchbruch (I. Weltkrieg).
- 3- 1921 bis ca. 1939: Die Stagnation zwischen den Kriegen.
- 4- 1940 bis ca. 1949: Stürmischer Fortschritt (2. Weltkrieg).
- 5- ab ca. 1950: Neue Erkenntnisse, stetige Weiterentwicklung.

Vor 100 Jahren erfand NICOLADONI (1882) das Verfahren der Sehnenverpflanzung zur Behandlung irreparabler Lähmungen: er operierte am Fuß (Pes calcaneus), aber seine prinzipielle Technik "Sehne auf Sehne" hat sich bis heute als Standard-technik behauptet.

Die Sehnenverpflanzung bei traumatischem Sehnendefekt ist sogar noch älter und wurde schon 1869 von TILLAUX und 1876 von DUPLAY ausgeführt (zit. nach F. LANGE, 1911).

Die Plastiken an der unteren Extremität standen bis zum ersten Weltkrieg im Vordergrund.

Die erste "Radialisplastik" und damit die erste Ersatzoperation an der oberen Extremität wurde 1894 von K.DROBNIK (1896) durchgeführt: am 27.2.1894 operierte DROBNIK ein viereinhalbjähriges Mädchen am linken Arm, das infolge Poliomyelitis ein Krankheitsbild zeigte, welches praktisch identisch mit der tiefen Radialisläsion war: Fingerstrecker und lange Daumenmuskeln gelähmt, radiale Handstrecker intakt. DROBNIK verpflanzte den erhaltenen M. ext. carpi rad. longus auf die Fingerstrecker und in einer zweiten Sitzung einen Teil des M. ext. carpi rad. brevis auf den langen Daumenstrecker. Die Bedeutung seiner Pioniertat hat DROBNIK offensichtlich selbst nicht erkannt: er veröffentlichte den Bericht über

diese Operation erst 1896 in der Deutschen Zeitschrift für Chirurgie an höchst unscheinbarer Stelle als unkommentierten fünften von insgesamt 16 beschriebenen Fällen von Sehnenverpflanzungen (die anderen 15 betrafen alle die untere Extremität). DROBNIK hat "experimentiert", er hat seine Operation nicht als "neue Methode" verstanden. Andererseits betonte er bereits wesentliche bis heute gültige Grundsätze, z.B. die Wichtigkeit der Asepsis und der Nachbehandlung.

Auf DROBNIK berief sich dann auch der eigentliche Begründer der Radialisersatzoperation, Felix FRANKE: er wagte als erster die Plastik bei hoher Radialislähmung. Am 16.4.1898 stellte FRANKE dem 27. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie ein achtjähriges Mädchen vor, das infolge Kinderlähmung an einer ausgedehnten Lähmung des rechten Armes litt: Ellenbogen- und Schultergelenk waren aktiv unbeweglich, ansonsten typische Symptome der hohen Radialisläsion bei Erhalt der Hand- u. Fingerbeuger. Bei der Ersatzoperation am 27.7.1897 verkürzte FRANKE die Sehne der M. ext. carpi rad. longus und verpflanzte den M. flexor carpi uln. auf die Fingerstrecker. Der Daumen wurde - da geringe Restbeweglichkeit vorhanden - in diesem ersten Fall noch nicht versorgt. Ansonsten empfahl FRANKE (1898) hierfür die Verpflanzung der M. flexor carpi rad. auf die drei gelähmten Daumenmuskeln. Dieses Verfahren mit den zwei Kraftspendern (und der Kürzung der Handstreckersehnen) bezeichnete er als "Typisch für die operative Behandlung der Radialislähmung". Den Wert dieses neuen Verfahrens hat FRANKE als erster erkannt:

"... kann ich mit Recht behaupten, e s g i b t
k e i n e u n h e i l b a r e R a d i a l i s l ä h -
m u n g mehr, solange wenigstens nicht der N. medianus
bzw. ulnaris gelähmt ist. Die Radialislähmung ist ope-
rativ, wenigstens in funktioneller Beziehung, heilbar."

Die Leistung FRANKES kann man wie folgt würdigen:

FRANKE hat als erster die Plastik bei völligem Ausfall der Strecker durchgeführt (er konnte nicht wie DROBNIK auf intakte radiale Handextensoren zurückgreifen). Daher übte er als erster das Prinzip, B e u g e r als Kraftspender auf die S t r e c k -

s e i t e zu verlagern. Dabei verpflanzte er den M. flexor carpi uln. auf den M. ext. digit. comm., dieses Vorgehen hat sich bis heute als Standardmethode für die bestmögliche Wiederherstellung der Fingerstrecker bewährt.

FRANKE und DROBNIK behandelten Poliomyelitis-Fälle. Bis zum ersten Weltkrieg blieb die Kinderlähmung die Hauptindikation für Sehnenverpflanzungen. Die damit verbundenen Schwierigkeiten - individuell verschiedene Lähmungsbilder, die "Standard-Methoden" ausschließen; oft zu wenig oder teilgeschädigte Kraftspender - erklären vielleicht, warum die Radialisersatzplastik in den folgenden Jahren fast in Vergessenheit geriet.

So wurde z.B. auch die Sehnenverpflanzung im allgemeinen auf dem Chirurgenkongreß 1907 in Paris von der Mehrheit, insbesondere von den französischen Chirurgen, abgelehnt und nur von einigen Deutschen (F. LANGE) verteidigt.

Der nächste größere Fortschritt erfolgte erst 1914 und ist Oskar VULPIUS zu verdanken: er verwendete M. flexor carpi uln. und M. flexor carpi rad. nach der Methode FRANKES und praktizierte zusätzlich die Handgelenkstenodese durch Vernähen der Strecker am Periost. Auf VULPIUS geht auch die "klassische", bis heute verbreitete "Knopfloch-Technik" bei der Sehnenvereinigung zurück.

In diese Zeit des Experimentierens fallen auch die verschiedensten Varianten und Techniken:

Anfängliche Mißerfolge durch Verwachsungen bestimmten BIESALSKI (1916) zu seiner "Sehnenscheidenauswechslung", wobei die Spendersehne durch die Seheide des Empfängers gezogen werden soll.

AXHAUSEN (1915), später GESSNER und RIEDEL (1917) wählten für die Überführung der Spender zur Streckseite den Weg durch das Spat. interosseum.

Die letztgenannten beiden Autoren verpflanzten auch den M. flexor carpi rad. als "neuen Handstrecker" auf das Periost des Handrückens: diese "periostale Methode" geht auf F. LANGE (1900) zurück, findet allerdings von solchen Ausnahmen abgesehen nur am Fuß Anwendung.

Eine besonders originelle Technik stammt von HAMMESFAHR

(1916; vgl. S. 131).

Die zweite Phase der Geschichte der Radialisplastik wird durch den ersten Weltkrieg eingeleitet: die große Zahl von Patienten mit Radialisdurchschuß war der entscheidende Ansporn und die Voraussetzung für die endgültige Etablierung und weitgehende Perfektionierung der Radialisersatzoperation in fast allen kriegführenden Nationen. In rascher Folge erschienen in dieser unvergleichlich "fruchtbaren" Zeit während und kurz nach dem Krieg zahllose Arbeiten mit neuen Methoden und Gedanken.

Vor allen anderen ist hier Georg PERTHES zu nennen: wenn wir FRANKE als den Pionier des Verfahrens bezeichnen, so gebührt PERTHES das Verdienst, die Radialisplastik aus der Sphäre des Experimentellen gehoben und zu einem detaillierten und durchdachten, vor allem aber praktisch erprobten Standardverfahren ausgearbeitet zu haben. Die 80seitige klassische Arbeit von PERTHES (1918) kann, was Genauigkeit, Systematik und Prägnanz anbelangt, noch heute als ein Vorbild gelten: kein Wunder, daß sie auf Jahrzehnte hinaus mindestens im deutschsprachigen Raum die Diskussion zum Thema Radialisersatzoperation beherrschte. PERTHES verpflanzte die beiden typischen Kraftspender nach FRANKE und entwickelte zusätzlich die bis heute sicherste Art von Tenodese. Sein Originalverfahren (vgl. S. 91) ist bis in unsere Zeit die Methode der Wahl, falls eine Tenodese indiziert ist. Bis heute ist PERTHES auch der Name, auf den sich alle Befürworter und Verteidiger der Tenodese berufen.

Der "angelsächsische PERTHES" zur selben Zeit in England war Sir Robert JONES: unter Beibehaltung von zwei Kraftspendern für Daumen einerseits und Langfinger andererseits entwickelte er 1917 als erster das Prinzip, die Handgelenkstreckung aktiv durch Verpflanzung eines dritten Kraftspenders (des M. pronator teres) auf die radialen Handstrecker zu ermöglichen. Die Verwendung des M. pronator teres - schon 1898 von FRANKE erwogen - ist bis heute konkurrenzlos die Standardmethode zur Aktivierung der Handstrecker.

Auf die Idee eines "dritten Spenders" für das Handgelenk kam unabhängig von JONES in Deutschland 1918 STOFFEL, der dafür allerdings den M. flexor carpi rad. verwendete, was sich

auf Dauer nicht durchsetzte, und an seiner statt als einer der Ersten die Sehne eines oberflächlichen Fingerbeugers für Dau-menstreckung und -abduktion benutzte.

Von da an teilten sich die Autoren zum Thema Radialisplastik in zwei Parteien: die einen beriefen sich auf PERTHES und die Tenodese, die anderen - vor allem im angelsächsischen Raum - blieben bei JONES als dem Begründer aller tenodese-nlosen Verfahren. Zu letzterer Gruppe zählen in gewisser Weise auch einige deutsche Autoren, die meinten, sowohl auf die Tenodese als auch auf den "dritten Kraftspender" verzichten zu können und mit nur zwei Spendermuskeln auskommen wollten: WEITZ (1916), LENGFELLNER (1917), HASS (1919), HOHMANN (1919), KRAUSE (1920) u.a.

Andere beschränkten sich gar nur auf einen Kraftspender: BRAATZ (1918) und SUDECK (1919) in Deutschland, MURPHY (1914) in England und CHUTRO (1917) in Italien.

Bemerkenswert ist das offensichtliche "Kommunikationsdefizit" zwischen den verschiedenen Gruppen: mindestens bis in die fünfziger Jahre hinein war man in Deutschland auf PERTHES fixiert, während in Westeuropa oder in Amerika gebräuchliche Verfahren vom "Typ JONES" praktisch unbekannt blieben. Umgekehrt kennt kaum ein angelsächsischer Autor den Namen PERTHES, und eine Diskussion über die Tenodese gab und gibt es dort nicht.

In der dritten Phase zwischen den Weltkriegen trat auf dem Gebiet der Radialisersatzoperation wieder eine gewisse Abkühlung ein. Der Fülle der verschiedenen Methoden aus der Kriegs- und unmittelbaren Nachkriegszeit standen die bekannterweise relativ wenigen Fälle von irreparabler Radialisläsion im Frieden gegenüber.

Die Radialisersatzplastik erhielt erst in der vierten Phase ihrer Geschichte, nämlich im Gefolge des zweiten Weltkriegs, wieder mächtigen Auftrieb: wieder drängten zahlreiche Nervenverletzte in die Lazarette. 1944 gab in Amerika BUNNELL mehrere Verfahren an, darunter auch solche mit vier (!) Kraftspendern.

In diese Zeit fällt als einer der Meilensteine in der Entwicklung der Radialisersatzoperation die Arbeit des Engländers ZACHARY (1946): Er konnte beweisen, daß zur Erreichung eines guten Resultates mindestens ein Beuger zur Stabilisierung des Handgelenks belassen werden muß. ZACHARY empfahl aufgrund seiner Erfahrungen hierfür den M. flexor carpi rad., der konsequenterweise in den meisten gängigen Methoden nach 1946 nicht mehr als Spender benutzt wird.

In Deutschland trat K.H. BAUER 1946/47 für eine radikale Vereinfachung der Operation ein, er bildet gewissermaßen den Antipoden zur komplizierten "Großen PERTHES-Plastik".

Eine hervorragende Arbeit publizierte 1947 der Finne SAIKKU: er versuchte eine "Bilanz", d.h. einen kritischen Vergleich der verschiedenen gängigen Methoden. An ca. 100 Patienten bewies SAIKKU, daß die Tenodese zwar noch ihre Indikation hat, im Normalfall jedoch Methoden mit drei Kraftspendern und aktiver Handstreckung vorzuziehen sind.

Ebenfalls 1947 stellte LINDEMANN ein gänzlich neues Verfahren vor: er praktizierte eine Überkreuzung der Kraftspender auf dem Handrücken (vgl. S. 134).

Last not least ist gegen Ende dieser Phase der Franzose R. MERLE D'AUBIGNE zu nennen (1949 bzw. 1953). Er stellt angesichts des oben beklagten Kommunikationsmangels eine Ausnahme dar, da er die internationale Literatur studierte und die jeweils positiven Elemente verschiedener vorhergehender Autoren kombinierte: So übernahm er von ZACHARY den Grundsatz, den M. flexor carpi rad. zu belassen; nach JONES (1921) aktivierte er die radialen Handstrecker durch den M. pronator teres; und von STOFFEL (1918) übernahm er die Versorgung des Daumens. Die Methode von MERLE D'AUBIGNE kann vom theoretischen Standpunkt als ideal bezeichnet werden und hat sich auch praktisch bestens bewährt, so daß sie auch in Deutschland mit der Zeit weitverbreitet wurde. In England operierte BROOKS 1949 nach einem mit MERLE D'AUBIGNE identischen Operationsplan.

Damit war jedoch die Diskussion weder entschieden noch beendet, denn auch die in bzw. seit den fünfziger Jahren (in der "fünften Phase") angegebenen Methoden bieten einige neue Ideen.

Erst in dieser Zeit begann man, scharf zwischen Operationsplänen für hohe und tiefe Radialisläsionen zu trennen (z.B. NIGST, 1955). Diese Differenzierung wurde zwar auch schon früher gelegentlich getroffen, aber recht selten: die allermeisten Autoren sprachen generalisierend von der "Ersatzplastik bei Radialislähmung" und meinten dabei aber meist speziell die "hohe Lähmung".

A.N. WITT hat 1953 dem scheinbar ewigen Streit um die Teno-dese durch präzise und weithin anerkannte Indikations- bzw. Kontraindikations-Angaben ein Ende zu setzen versucht.

Die in jüngerer Zeit erschienenen Publikationen beschäftigen sich zu einem guten Teil mit der "Aufarbeitung" älterer Probleme, zeigen jedoch andererseits auch neue Vorschläge: zwar besteht mittlerweile über die Prinzipien bei der Radialisersatzoperation weitgehend Einigkeit, man diskutiert jedoch kontrovers verschiedene Einzel-Elemente der Technik. MOBERG und NACHELSON (1967) empfahlen statt der VULPIUS'schen Knopfloch-Methode die "End-zu-End-Naht", die heute als wirkungsvoller betrachtet wird, obwohl die "End-zu-Seit" - Vereinigung immer noch viel gebraucht wird.

Ein besonderer Streitpunkt ist die optimale Daumenfunktion: TERTSCH (1971) aktiviert beispielsweise den M. ext. poll. longus absichtlich nicht, BUCK-GRAMCKO dagegen 1973 nur diesen Daumenmuskel.

Einige Autoren (z.B. DOMINICONI 1955, MARTINI und ZELLNER 1976) gaben Operationspläne für vier Kraftspender an. Zu ihnen gehört auch BOYES (S. 162) mit einem neuen Vorschlag: auch er hält sich an die Regel, einen Beuger zu belassen, benutzt dafür aber nicht wie ZACHARY und fast alle anderen den M. flexor carpi rad., sondern den M. flexor carpi uln. .

Ein interessantes Verfahren - ebenfalls mit neuen Gedanken - stammt von dem Amerikaner GOLDNER (1974, der zur Unterstützung des M. pronator teres noch einen zweiten Kraftspender (den M. flexor digit. superficialis IV) auf ein und denselben Empfänger (nämlich den M. ext. carpi rad. brevis) verpflanzt. Auch er verwendet vier Spender, während z. B. HIEBLER (1976) wieder nur zwei benutzt.

Die jüngste mir bekannte Methode stammt 1980 von dem Amerikaner LAMB und stellt eine geringfügige Modifikation des Verfahrens von MERLE D'AUBIGNE dar.

II.) INDIKATION UND KONTRAINDIKATION ZUR PLASTIK.

1.) Allgemeines:

Ebenso wie z. B. Technik, Operationsplan, Tenodese, Nachbehandlung - d.h. praktisch alle Problemkreise zum Thema Radialisersatzoperation -, so ist auch die Frage der Indikation umstritten.

Die heute allgemein anerkannte Indikation umfaßt alle wirklich i r r e p a r a b l e n Ausfälle: so besteht Übereinstimmung, daß die Ersatzplastik angezeigt ist, wenn eine Nervenoperation nicht möglich ist. Ein Hauptstreitpunkt betrifft dagegen die Frage, w a n n eine bereits durchgeführte Nervenoperation als mißglückt betrachtet werden muß. Das Problem des Verhältnisses Plastik - Nervenoperation bezüglich der Indikation wird bis heute so kontrovers diskutiert, daß es weiter unten (S. 40) gesondert und ausführlich besprochen werden soll.

Vorab lassen sich die bei der Indikationsstellung zu beachtenden Gesichtspunkte nach GELDMACHER (1969) in drei Gruppen gliedern: Die Indikation richtet sich nach

- Lokalbefund
- Gesamtpersönlichkeit bzw. Allgemeinzustand des Patienten
- behandlungstechnischen Gegebenheiten.

2.) Der Lokalbefund:

Sowohl Ersatz- wie auch Nervenoperationen sind nur indiziert, wenn Gelenke und (Spender-) Muskeln intakt sind (KRENKEL, 1967). Zeigt der Lokalbefund also Kontrakturen der Haut, Weichteile oder Gelenke, so darf die Ersatzoperation erst nach deren Beseitigung durch geeignete Vorbehandlung durchgeführt werden. Ebenso sollte bei stabilem Skelett das Operationsgebiet frei von Infekten und Narben sein (GELDMACHER, 1981). Es dürfen keine Ödeme und Ernährungsstörungen vorliegen (BILLINGTON, 1922). Unerläßliche Voraussetzung für die Ersatzoperation ist die - bei der isolierten Radialislähmung erhaltene - ausreichende Schutzsensibilität.

Im Vordergrund steht zunächst die Frage, ob die Läsion des N. radialis wirklich "irreparabel" ist. Nach SCHARIZER (1970) können wir "irreparabel" definieren als:

- Nervenoperation ist unmöglich,
- Nervenoperation bleibt erfolglos,
- Patient lehnt Nervenoperation ab.

Die Nervenoperation ist von vornherein unmöglich, wenn ungünstige pathologisch-anatomische Veränderungen vorliegen, wie ausgedehnte Schußbrüche, monatelang anhaltende Eiterungen und Sequesterbildung (vgl. SCHOCH, 1951). Oft aber stellt sich die Unmöglichkeit einer Nervennaht erst bei der Revision heraus. Die Nervenoperation ist ferner unmöglich, wenn der Defekt im Bereich der feinen Aufzweigungen der Muskeläste liegt. Einige Autoren (LEXER, 1919/20, WILMS und GULEKE, 1927, HIEBLER, 1976) betrachten die Nervenoperation ein bis zwei Jahre nach dem Trauma wegen fortschreitender Atrophie und Degeneration als aussichtslos. - In all diesen Fällen ist also eine Ersatzoperation indiziert.

Schwieriger wird die Frage, wenn nach einer Nervenoperation die Funktion unvollständig - also nur teilweise - regeneriert, noch eine gewisse Restfunktion vorhanden ist oder eine weitergehende Regeneration nicht auszuschließen ist. In diesem Fall empfiehlt sich eine "schonende" Ersatzplastik (mit End-zu-Seit - Vereinigung der Sehnen und ohne Durchtrennung der Empfängersehnen (GELDMACHER, 1969).

Der Lokalbefund bestimmt auch die Indikation für einzelne Operationspläne: Art und Zahl der Kraftspender werden durch die Höhe der Radialisläsion mitbestimmt; bei tiefer Läsion oder bei versteiftem Ellenbogengelenk wird man keine Tenodese planen (M. LANGE, 1951).

Die Ersatzplastik ist natürlich nur durchführbar, wenn genügend intakte und kräftige Kraftspender zur Verfügung stehen.

Der Termin für die Radialisplastik richtet sich je nach den Gegebenheiten: zeigt der Lokalbefund keinerlei Aussicht für eine erfolgreiche Nervenoperation, so sollte die Plastik möglichst frühzeitig durchgeführt werden. (WITT, 1947).

3.) Gesamtpersönlichkeit und Allgemeinzustand des Patienten:

Sowohl bei der Indikationsstellung als auch bei der Durchführung der Ersatzoperation müssen unter individueller Beurteilung jedes Einzelfalles die persönlichen Bedürfnisse des Patienten berücksichtigt werden (vgl. unter anderen: SUDECK, 1919, GESSNER und RIEDEL, 1917).

Eine wichtige Rolle spielt das Alter des Patienten: nach WITT (1947) und SCHINK (1967) ist Vorsicht geboten, wenn der Patient älter als 45 Jahre ist, nach NIGST (1972) und GELDMACHER (1981) liegt die Grenze bei etwa 50 Jahren. Bei Patienten jenseits dieser Grenze sind in Einzelfällen gute Resultate möglich, generell aber wird dann die Prognose "wesentlich schlechter" (NIGST, 1972).

Bei der Indikation, besonders aber bei der Wahl des Operationsplanes spielt der Beruf des Patienten eine ganz wichtige Rolle.

Der Erfolg einer Ersatzplastik hängt wesentlich von der Mitarbeit des Patienten ab. Gesundheitswille, Energie, Eigeninitiative und aktive Mitarbeit während der Nachbehandlung sowie Intelligenz des Patienten müssen als Voraussetzungen für die Indikation zur Ersatzplastik betrachtet werden (WITT, 1947, TERTSCH, 1970, BLAUTH und KÜNIG, 1973):

"Sind diese Grundvoraussetzungen nicht gegeben, so sollte man von vornherein Abstand von solchen Eingriffen nehmen." (GELDMACHER, 1981).

4.) Behandlungstechnische Gegebenheiten:

Die richtige Indikationsstellung resultiert aus exakter präoperativer diagnostischer Abklärung. Auf jeden Fall muß der Patient neurologisch untersucht werden.

Die Entscheidung zur Operation sollte auch erst nach einer Revision gefällt werden.

Die Beseitigung störender Gegebenheiten wie Kontrakturen o.ä. durch gezielte Vorbehandlung wurde bereits erwähnt.

Für die Indikation ist aber auch wichtig, daß die Ersatzoperation selbst von einem erfahrenen Operateur durchgeführt

wird und daß anschließend die Bedingungen für eine adäquate Nachbehandlung bestehen (GELDMACHER, 1969).

5.) Ersatzplastik im Verhältnis zur Nervenoperation:

a.) Allgemeines:

HOFFA (1925) betonte bei Nervenlähmungen den Vorrang einer k a u s a l e n Therapie, d.h. Eingriffe am Nerven selbst im Gegensatz zu der p a l l i a t i v e n Ersatzplastik. Nach PERTHES (1918) führt die Plastik zwar schneller und sicherer zum Erfolg, bringt aber schlechtere Resultate als eine Nervenoperation.

Andere Autoren, z.B. MARTINI und ZELLNER (1976) ziehen die Plastik einer Nerven transplantation vor.

Der entscheidende Punkt, an dem die Meinungen auseinandergehen, ist jedoch die Frage, w i e l a n g e man nach einer durchgeführten Nervenoperation abwarten muß, bis mangels Erfolg die Lähmung als irreparabel zu klassifizieren ist und eine Ersatzoperation indiziert wird.

b.) Argumente für eine Frühoperation:

Selbst wenn operative Eingriffe am Nerven selbst zu einer Wiederherstellung führen, so läßt der Erfolg bekanntlich längere Zeit (Monate, u.U. Jahre) auf sich warten. Erst in jüngster Zeit wieder hat HIEBLER (1976) deshalb sein Mißtrauen gegenüber den Nervenoperationen ausgesprochen, er zitiert dabei MOBERG (1967), der insbesondere wegen der schlechten motorischen Regeneration den Sinn einer Nerven naht überhaupt bezweifelt. Weniger "radikal" war schon STILES (zit. bei BILLINGTON, 1922), der der Nerven naht n u r unter o p t i m a l e n Bedingungen Vorrang einräumt.

Ein längeres Zuwarten - eventuell über Jahre - nach einer Nervenoperation bringt Nachteile durch die Gefahr zwischenzeitlich auftretender Atrophie und Versteifung. Ein längeres Warten auf Besserung ist ferner aus sozialen Gründen schwer zumutbar:

"Das jahrelange Zuwarten und Erhoffen stellt jedoch an die soziale und psychologische Verfassung des Gelähmten

ungeheure Anforderungen." (HASS, 1919).

Dieser Argumentation folgen unter anderen auch BRAATZ, (1918) HERBIG (1948) und TERTSCH (1970), die daher die Plastik als Frühoperation fordern.

FISCHER empfahl schon 1915, bei wenig aussichtsreichen Fällen auf die Naht anstelle der Plastik zu verzichten: der Patient könnte - deprimiert und enttäuscht vom Mißerfolg der Nervenoperation - einen zweiten Eingriff (Plastik) verweigern.

Andererseits tritt ein unglückliches Ergebnis ein, wenn etwa die komplizierte und die normale Anatomie zerstörende große PERTHES-Plastik vorschnell frühzeitig durchgeführt wird und die Nervenfunktion dann doch noch regeneriert. Bei derart "großen Plastiken" ist nach SUDECK (1943) ein längeres Abwarten unerlässlich, diese Wartezeit stelle deshalb einen großen Nachteil derartiger Methoden dar.

Die Befürworter der Frühoperation empfehlen daher eine möglichst einfache "kleine Plastik", die z.B. nur einen Muskel verpflanzt, die Empfängersehnen nicht durchtrennt und so keine "irreparablen Verhältnisse" schafft. Regeneriert dann die Nervenfunktion, so werde der Erfolg durch diese "kleine Plastik" nicht vermindert, sondern im Gegenteil nur verbessert und unterstützt, da die Regeneration praktisch nie 100 %ig ist. - Vgl. etwa BASTOS (1926), GEORG (1960), TERTSCH (1970).

SUDECK (1919) führte deshalb seine kleine "schonende" Plastik, die eine eventuelle Nervenregeneration einkalkuliert, in derselben Sitzung aus wie die Nervennaht. Wenn letztere erfolglos bleibt und sich die Nervenläsion nach längerer Zeit damit endgültig als irreparabel herausstellt, so erweitert er die kleine Plastik noch durch eine Tenodese in zweiter Sitzung.

Nach GAUGELE (1920) wäre eine Wartezeit in der Größenordnung von 2 Jahren nur zu verantworten, wenn bei der Überwiegenden Mehrzahl der Nervenoperationen eine deutliche Regeneration erst dann eintreten würde.

Eine vermittelnde Stellung zwischen Früh- und Spätoperation nahmen BLAUTH und KÖNIG (1973) ein, obwohl auch sie mehr zur Frühoperation tendieren: je eher die Plastik unternommen

wird, desto geringer bleibt die Degeneration der Muskulatur. Der Zeitgewinn ist ein großer Vorteil. Eine "schonende" Plastik kann auch bei späterer Regeneration infolge geglückter Nervenoperation nichts schaden, im Gegenteil, die verpflanzten Sehnen würden dann "geradezu als idealer Trainingspartner" für die Radialis-Muskulatur wirken.

c.) Argumente gegen die Frühoperation:

Die Plastik führt auch im Idealfall zu schlechteren Ergebnissen als eine gelungene Nervennaht, daher ist sie nur indiziert, wenn keinerlei Aussicht auf Wiederherstellung der Nervenfunktion besteht.

SPITZY (1918) wies auf die Nachteile hin, falls nach zu früh durchgeführter Plastik die Nervenfunktion regeneriert:

- eine nutzlose Operation wurde durchgeführt,
- die Kraftspender sind in ihrer ursprünglichen Funktion ausgefallen,
- die normalen Gegebenheiten sind zerstört, es bestehen "unangenehme Muskelverhältnisse".

Zur Überbrückung der "Wartezeit" empfiehlt HESS (1949) deshalb keine Früh- oder "Intervall-" Plastik, sondern eine temporäre Radialisschiene: zu fordern sei nicht die Früh-Plastik, sondern die Früh-Nervenoperation.

HOFFA (1925) lehnte aus den genannten Gründen alle verändernden Eingriffe am Muskel-Sehnen-Apparat ab, solange noch Aussicht auf Regeneration besteht. WILMS und GULEKE (1927) halten die Plastik bei Wiedereintreten der Nervenfunktion für eine "verstümmelnde Operation".

Nach PERTHES (1918) zeigen sich deutliche Regenerationszeichen nicht eher als 6 Monate nach der Nervennaht, brauchbare Erfolge sogar noch später, man müsse daher mindestens ein Jahr abwarten, um Erfolg oder Mißerfolg einer Nervenoperation, beurteilen zu können. Auch SAEGESESSER (1972) vertritt diese Ansicht und weist daraufhin, daß die Regeneration umso langsamer verläuft, je weiter zentral die Läsion liegt, frühestens aber nach 5 Monaten erste Regenerationszeichen auftraten und die völlige Wiederherstellung nach einer Nervennaht oft 18 bis 24 Monate dauern könne.

MILLES (1975) gibt einer heute weit verbreiteten Meinung Ausdruck, wenn er die Früh-Plastik wegen der guten Resultate mikrochirurgischer Nervenoperationen ablehnt:

"So wurde Anfang der 60er Jahre vielfach empfohlen, bei der Verletzung eines wichtigen motorischen Nerven, wie beispielsweise der Nervus radialis, gleich eine motorische Ersatzoperation auszuführen, unabhängig davon, ob eine allfällige Nervennaht Erfolg hat oder nicht. Vielfach wurde sogar auf die Nervennaht überhaupt verzichtet. Inzwischen hat sich aber die Situation wesentlich geändert. Die Ergebnisse der Wiederherstellung peripherer Nerven werden durch eine neue Technik wesentlich verbessert..... Die Wiederherstellung der Kontinuität nach Verletzung des Nervus radialis führt in den meisten Fällen zu einer ausgezeichneten Regeneration. Radialisersatzoperationen sind daher in unserem Krankengut selten geworden."

d.) Bemessung der "Wartezeit":

Welche Richtwerte geben nun die verschiedenen Autoren für die "Wartezeit" an, die man nach durchgeführter Nervenoperation verstreichen lassen sollte, bevor man sich mangels Erfolgsanzeichen zur Ersatzplastik entschließt?

-1- Plastik gleichzeitig oder noch vor der Nervenoperation:

BRAATZ (1918) empfahl ähnlich wie FISCHER (1915), die Plastik zwecks Wiederherstellung frühzeitiger Arbeitsfähigkeit und zur Vermeidung von Gelenkschäden und Kontrakturen noch v o r einer evtl. Nervennaht durchzuführen. WEITZ (1916), LORENZ (1917) und SUDECK (1943) führten eine "kleine Plastik" unmittelbar nach der Nervenoperation oder in derselben Sitzung durch.

-2- Plastik früher als ein Jahr nach der Nervenoperation:

LÄMPHIER und LITTLER (1947) wollten nach einer Nervennaht nicht länger als 4 Monate bis zur Plastik warten; GAUGELE (1920), HASS (1919) und KÖNIG (1947) warten 6 Monate. BLAUTH und G. KÖNIG (1973) passen den Zeitpunkt der Ersatzoperation den Umständen des Einzelfalles an,

d.h. sie unternehmen bei günstigen Bedingungen (z.B. am Kind) für eine Nervenoperation die Plastik "frühestens" 3 bis 4 Monate nach der Nervennaht. Im allgemeinen empfehlen sie aber eine Wartezeit von 6 bis 9 Monaten. Ist die Prognose der Nervennaht schlecht und spielt der Zeitfaktor eine größere Rolle, so wird die Plastik sofort anstelle der Naht angegangen.

-3- Plastik ein Jahr nach der Nervenoperation:

Die "klassischen Autoritäten" PERTHES (1918) und JONES (1921) raten beim Ausbleiben von Besserung 1 Jahr nach der Nervennaht zur Plastik. PERTHES hat allerdings später (1922) doch 2 Jahre für besser befunden. Für 1 Jahr Wartezeit stimmen auch: HOFFA (1925), LINDEMANN (1947) und ENDER et al. (1956). SAIKKU (1947) hält 1 Jahr Wartezeit für ausreichend und zitiert dabei Untersuchungen von AF BJÖRKESTEN, der bei 164 Radialisläsionen in nur 5 Fällen eine Regeneration später als 1 Jahr nach der Nervennaht fand. Wenn nach der Nervenoperation allerdings (schwache) Regenerationsanzeichen auftreten, rät SAIKKU zu einer Wartezeit von insgesamt 2 Jahren und führt die Plastik nur durch, wenn über mehrere Monate keine weitere Besserung feststellbar ist.

-4- Plastik ca. 18 Monate nach der Nervenoperation:

Wenn die Nervennaht erfolglos bleibt, unternimmt BIL-
lington (1922) 18 Monate danach die Ersatzoperation.
K.E. MAYER (1920) sowie WILMS und GULEKE (1927) warteten
18 bis 24 m. n.

-5- Plastik 2 Jahre oder später nach der Nervenoperation:

Nach STOFFEL (1919) sollte man 2 Jahre auf den Erfolg der Nervennaht warten. Dieselbe Ansicht vertreten: BAISCH (1919), HOHMANN (zit. bei LEXER, 1919/20), KÜNNL (1920) würdigte zwar die Nachteile einer langen Wartezeit, wollte aber trotzdem mindestens 2 Jahre verstreichen lassen. Nach KRAUSE (1920) sind 2 bis 3 Jahre angemessen, wobei dieser Autor aber zugibt,

daß er in einigen Fällen früher die Plastik durchführen mußte, weil die Patienten einen etwas rascheren Erfolg wünschten.

6.) Quintessenz - Indikation bei unserem Patientenout:

Das Problem "Nervenoperation oder Plastik" und insbesondere die Frage der "Wartezeit" wurde sehr ausführlich dargelegt, weil es in der Literatur breiten Raum einnimmt.

Die "Frühoperation" wird seit den Erfolgen der modernen Nerven Chirurgie skeptisch beurteilt.

Abgesehen von ihrem Eintreten für eine solche "Frühoperation" vertreten BLAUTH und KÖNIG (1973) ansonsten den meiner Ansicht nach richtigen Standpunkt, daß

"der Zeitpunkt einer Ersatzoperation für uns keine scharf umrissene Größe darstellt, sondern jedem Einzelfall angepaßt sein muß."

So sollte die Plastik umso früher unternommen werden,

- je ungünstiger die Verhältnisse bei der Nerven naht waren,
- je weiter proximal die Läsion war (z.B. sehr lange Regenerationszeit bei hoher Radialisläsion),
- je größer die Defektlänge war (unsichere Prognose),
- je älter der Patient ist (bei ca. 55 Jahren wird von BLAUTH und KÖNIG auf die dann prognostisch schlechte Nerven naht ganz verzichtet und sofort die Plastik unternommen),
- je ungünstiger die Trophik ist: die Nervenoperation hängt von günstigen trophischen Bedingungen ab.

Die Diskussion um die "Wartezeit" und damit "Pro oder Contra Frühoperation" wird auch heute noch in der Literatur heftig geführt.

Die Erfahrungen mit unseren Patienten stehen dem allerdings entgegen: in 21 Fällen hat sich bei uns die Frage "wie lange soll man nach der Nervenoperation auf den Erfolg warten, bis man sich zur Plastik entschließt?" Nur bei 3 Patienten gestellt:

- Fall Nr. 1 (S. 193): Vorhergehende Nerven naht mit

Teilregeneration, 3 Jahre nach dem Eingriff erneuter Unfall mit Totallähmung.

- Fälle Nr. 10 (S. 201) und Nr. 20 (S. 210): beidesmal Neurolysen. Bei Nr. 10 wurde 8 Monate gewartet und - da keinerlei Anzeichen von Regeneration - dann die Plastik durchgeführt. Fall Nr. 20: wegen unklarer Lähmungsursache (vgl. S. 210) zweieinhalb Monate nach der Neurolyse erneut Revision und - da irreversible Muskelatrophie - sofort Plastik. Ergebnisse: Nr. 10 (interessanter Fall, da Radialis- und Opponensplastik): "mittel"; und Nr. 20 (nur der M. ext. digit. comm. war gelähmt): ebenfalls "mittel".

In einem vierten Fall (Nr. 5, vgl. S. 195) wurde eine Ulnaristransplantation durchgeführt und anstelle der möglichen Radialistransplantation der Ersatzplastik der Vorzug gegeben.

Der Hauptindikationspunkt bei unseren Patienten lag daher nicht in der "mißglückten", sondern in der "aussichtslosen" Nervenoperation: in 11 Fällen ergab die Revision die Unmöglichkeit einer erfolgversprechenden Nervennaht, darunter 6 Fälle von tiefer Läsion und Durchtrennung im Bereich der Aufzweigungen des R. profundus. In einem Fall (Nr. 11, S. 202) mißglückte ein Nahtversuch. Bei zwei Patienten (Nr. 9, Nr. 17; beide nicht zur Nachuntersuchung erschienen) war die Plastik indiziert, weil eine Nervenoperation wegen des langen Zeitabstandes (7 1/2 bzw. 4 Jahre) seit dem Trauma aussichtslos war.

Bei einem Patienten (Nr. 4, S. 194) bestand nach Entfernung eines Neurinoms keine Möglichkeit der Nervenwiederherstellung. Bei zwei Fällen (Nr. 12, Nr. 16) fehlen im Krankenblatt nähere Angaben.

7.) Zusammenfassung:

a.) Indikation der Ersatzoperation:

- 1- Die Nervenoperation ist nicht möglich oder erscheint aussichtslos.
- 2- Eine vorausgehende Nervenoperation war nicht erfolgreich -

wobei man sich nicht allzu schematisch auf eine bestimmte "Wartezeit", z.B. 1 Jahr, fixieren, sondern nach dem Einzelfall und den Bedürfnissen des jeweiligen Patienten entscheiden sollte.

- 3- Es liegt nur eine Teillähmung vor (STOFFEL, 1919, HASS, 1919)
- 4- Die Regeneration - spontan oder nach einer Nervenoperation - bleibt ungenügend und sistiert (SAIKKU, 1947, MILLESI, 1975).
- 5- Die Lähmung ist irreparabel infolge anderer, nicht direkt den N. radialis betreffender Ursachen: Kinderlähmung, spastische Lähmungen, ischämische Kontrakturen, Zerstörung der Muskulatur (z.B. myogene Atrophie) oder der feinen Muskel-Endäste des Nerven.
- 6- Der Patient lehnt eine alternative Nervenoperation ab (SCHARIZER, 1970, WILMS und GULEKE, 1927).

b.) Kontraindikation der Ersatzoperation:

- 1- Keine ausreichende Schutzsensibilität vorhanden.
- 2- Eine Regeneration der Nervenfunktion ist möglich bzw. wahrscheinlich
- 3- Ausgedehnte Lähmungen, wodurch nicht genügend Kraftspender zur Verfügung stehen: kombinierte irreparable Lähmungen mehrerer Armnerven.
- 4- Die Ursache der Lähmung ist eine progressive Krankheit (F. LANGE, 1911).
- 5- Infektionen im Operationsgebiet.
- 6- Falls das Gleitlager für die zu verpflanzenden Sehnen fehlt, etwa bei zu wenig Subkutangewebe, (WITT, 1947).
- 7- Der Patient ist über 50 Jahre alt, wobei in Einzelfällen auch jenseits dieser Grenze gute Erfolge möglich sind.
- 8- Der Patient lehnt die Operation ab oder bietet keine Gewähr für Eigeninitiative und aktive Mitarbeit.
- 9- Es besteht keine Möglichkeit zu adäquater Nachbehandlung.

- 10- Die Lähmung besteht bereits länger als 10 Jahre (KARCH, zit. bei SCHOCH, 1951).
- 11- R e l a t i v e Kontraindikation liegt vor, wenn Kontrakturen, ausgedehnte Narben und/oder trophische bzw. Durchblutungsstörungen vorliegen. Diese Defekte müssen durch entspr. Vorbehandlung beseitigt werden.

III.) ZIELE DER PLASTIK - VORAUSSETZUNGEN UND PRINZIPIEN.

Welche der bei totaler Radialisläsion verlorengegangenen Funktionen kann und soll die Plastik ersetzen?

Für den Ausfall des M. triceps wurden zwar Operationspläne angegeben (S. 149), sie scheinen jedoch wenig erfolgreich zu sein und praktisch nie Anwendung zu finden, weshalb sie hier unberücksichtigt bleiben.

Sie meisten Patienten können mit dem M. biceps in zwar eingeschränkter, aber ausreichender Weise supinieren.

Der Ausfall des M. brachioradialis und eines Teils des M. brachialis ist ebenfalls ohne weiteres zu tolerieren.

Damit verbleiben folgende Funktionen, welche die Ersatzplastik möglichst gut wiederherstellen muß:

- 1- Kräftiger Faustschluß: Hierzu ist es erforderlich, das Handgelenk entweder aktiv in Streckstellung zu bringen oder es mittels Tenodese in dieser Position zu fixieren. Bei der Fallhand werden die Beuger "aktiv insuffizient" durch zu geringen Abstand Ursprung-Ansatz und der Faustschluß ist kraftlos.
- 2- Extension und Abduktion des Daumens: Der Daumen ist der wichtigste Finger; er sollte deshalb nicht nur aus seiner dem Zugriff im Wege stehenden Adduktions- bzw. Oppositionsstellung befreit werden, sondern auch wieder eine möglichst umfassende Streck- und Abspreizfähigkeit zurückerhalten.
- 3- Extension der Langfinger: Für die Öffnung der Hand zum Zugreifen ist es erforderlich, die Finger auch und gerade in den Grundgelenken zu strecken.

Der teilweise oder vollständige Verlust der Radial- und Ulnarabduktion im Handgelenk nach einer Tenodese kann verschmerzt werden. Man sollte aber eine zu extreme Abweichung oder Fixation der Hand z. B. in Radialabduktion infolge der Plastik vermeiden. Leichtere Abweichungen sind funktionell belanglos.

Der Erfolg einer Radialisersatzplastik wird häufig von Trickbewegungen unterstützt: viele Patienten verwenden die Beugung und Streckung des Handgelenkes wirkungsvoll zur automatischen Streckung bzw. Beugung der Finger.

Zur Erreichung der genannten Ziele werden mehrere Kraftspender verpflanzt und evtl. eine Tenodese durchgeführt. Dabei gibt es eine Reihe wichtiger Grundbedingungen:

- a.) Indikation und Kontraindikation müssen exakt festgestellt bzw. beachtet werden (s.o.).
- b.) Der Kraftspender soll in seiner neuen Funktion eine wichtigere Rolle übernehmen als im ursprünglichen Zustand, er muß also entbehrlich sein.
- c.) Besondere Aufmerksamkeit ist der Auswahl des richtigen Kraftspenders bezüglich Kraft, Bewegungsausschlag, Zugrichtung, Mobilisation und Überführung zu widmen.
- d.) Der Kraftspender muß "rot und gesund" (BUNNELL, 1958) sein. Ist er zu stark bzw. zu straff gespannt, so besteht die Gefahr der entgegengesetzten Deformität. Selbstverständlich müssen die Spender unter der willkürlichen Kontrolle des Gehirns stehen.

Diese Grundsätze werden in der Literatur allgemein anerkannt.

IV.) WAHL DER KRAFTSPENDER UND - EMPFÄNGER .

1.) Vorbemerkungen:

Dieser Punkt ist sozusagen der heikelste beim Thema Radialisersatzoperation: während bei Fragen der Indikation oder Operationstechnik - zwar ebenfalls umstritten! - wenigstens gewisse "Mehrheiten" oder "Tendenzen" in der Literatur auszumachen sind, so bietet praktisch jeder Autor eine andere Zusammenstellung von Kraftspendern und Empfängern an. Tatsächlich gibt es rund 100 (!) verschiedene Methoden, die sich a l l e in diesem Punkt mehr oder weniger deutlich unterscheiden. Man kann daher feststellen, daß in der ca. 90 jährigen Geschichte der Radialisersatzplastik jeder theoretisch denkbare Spendermuskel auf jeden in Frage kommenden Empfänger verpflanzt wurde. Ganz abgesehen davon reicht das Spektrum von Methoden mit einem Kraftspender bis zu Verfahren mit deren vier.

Ich konnte in der Literatur keine Arbeit finden, in der einmal alle denkbaren Kombinationen Spender - Empfänger aufgelistet, nebeneinandergestellt, verglichen und diskutiert werden. Dies soll daher im Folgenden versucht werden, und zwar möglichst exakt und umfassend, so daß dieser Punkt gewissermaßen als "Kernstück" dieser Arbeit aufgefaßt werden kann .

Welches ist der beste Operationsplan in Bezug auf die Wahl der Kraftspender ?

Diese Frage ist p r a k t i s c h nicht zu entscheiden, da zum einen für die allermeisten angegebenen Verfahren viel zu wenig nach ausreichend langer Zeit nachuntersuchte(!) Patienten zur Verfügung stehen, die statistisch einigermaßen signifikant den Erfolg des einen oder anderen Spenders in einer bestimmten Funktion beweisen oder widerlegen würden. Zum zweiten beschränken sich fast alle Autoren beim Bericht über die Ergebnisse ihrer Verfahren auf unklare und viel zu allgemein gehaltene Beschreibungen. In ganz wenigen Fällen - genannt seien die Arbeiten von PERTHES (1918), ZACHARY (1946)

und SAIKKU (1947)-werden die Resultate q u a n t i f i f i -
z i e r t .

Andererseits wird man der Wahrheit ziemlich nahekommen, wenn man in vielen Fällen den einen oder anderen Kraftspender für eine bestimmte Funktion als im wesentlichen gleich gut geeignet befindet. Einige "Standardkombinationen" wie z.B. M.flexor carpi uln. auf M.ext.digit.comm. können als bewährt betrachtet werden und kommen in den meisten Verfahren vor. So betrachtet bestehen zwischen vielen Methoden nur unwesentliche Unterschiede.

Da aber eine Beurteilung aus praktischen Erkenntnissen unmöglich ist und andererseits die Literatur auch die ungewöhnlichsten Verpflanzungen propagiert, erscheint es notwendig, zum großen Teil auf theoretische Erwägungen gegründete Richtlinien für die zweckmässige Auswahl der Kraftspender anzugeben.

Es sei allerdings schon vorab festgestellt, daß es "die" Standardmethode nicht gibt: häufig läßt sich eine bestimmte Funktion mit mehreren verschiedenen Kraftspendern in gleich guter Weise erzielen - zumindest kann nicht bewiesen werden, daß der eine Spender in dieser Rolle besser ist als der andere.

Vorher noch eine Anmerkung zur prinzipiellen Technik der Sehnenverpflanzung: es gibt drei Möglichkeiten:

- tendinöse Verpflanzung ("Sehne auf Sehne"), wie von NICOLADONI 1882 ursprünglich entwickelt;
- periostale Methode ("Sehne auf Knochen") nach F.LANGE (1900), fast nur an der unteren Extremität geübt;
- "Sehnenauswechslung in den Sehnenscheiden" nach BIESALSKI (1916).

In der weit Überwiegenden Mehrzahl der angegebenen Methoden wird eine tendinöse Verpflanzung - d.h. Sehne des Kraftspenders auf Sehne des Empfängers - vorgenommen. Die folgende Diskussion um die Wahl der Spender und Empfänger setzt daher

ein solches Vorgehen voraus. Die anderen beiden Verfahrensweisen haben heute nur mehr historischen Charakter.

2.) Zusammenspiel der Strecker und Beuger :

Die Kenntnis des komplizierten Zusammenwirkens der verschiedenen Muskeln der Hand ist für die zweckmäßige Durchführung der Radialisersatzoperation wichtig.

Schon mehrfach wurde der Synergismus zwischen Fingerbeugern und Handstreckern einerseits sowie zwischen Fingerstreckern und Handbeugern andererseits angedeutet: Beim Faustschluß arbeiten Extensoren der Hand und Flexoren der Finger zusammen. Umgekehrt funktioniert die Fingerstreckung bei leicht volar flektiertem Handgelenk am besten (vgl. Abb. 4 und 5 !).

Zum zweiten ist die besondere Wirkung der Fingerstrecke zu erwähnen: sie wirken über zwei Gelenke: die Fingergrundgelenke (= Gelenk 1.Ordnung) und das Handgelenk (= Gelenk 2.Ordnung). Anspannung der Fingerstrecke führt also zunächst zur Extension in den Fingergrundgelenken und dann in zweiter Linie auch zur Streckung der Hand. Wenn sich die Fingerbeuger beim Faustschluß kontrahieren, werden die Fingerstrecke gedehnt und entwickeln dabei eine "Transmissionswirkung" (DUMPERT, 1922'), welche das Handgelenk strecken kann. Der auf den M.ext.digit.comm.verpflanzte Kraftspender braucht sich also praktisch nur isometrisch zu kontrahieren, um unter ungefährrer Beibehaltung seiner Länge beim Faustschluß das Handgelenk zu strecken. Er kompensiert dann die Dehnung bzw. "Verlängerung" im 1.Gelenk, die bei Fingerbeugung eintritt, mit einer "Verkürzung" im 2.Gelenk, also mit einer Streckung des Handgelenks. Der beschriebene Sachverhalt erklärt die praktisch bewiesenen Erfahrung, daß auch die "Einsehenplastiken" mit nur einem Kraftspender, der auf die Fingerstrecke genäht wird, einen Faustschluß in Dorsalflexion des Handgelenks ermöglichen.

Daß diese "Einsehenplastiken" dabei dem einen Spender - meist dem M.flexor carpi uln. - wahrscheinlich zuviel zumuten, so daß die Hand bei kräftigem Zupacken infolge Über-

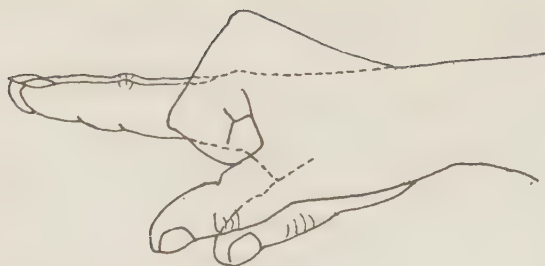


Abb. 4 :: (nach BRANDT , 1980)

Beim kräftigen Faustschluß erfolgt Streckung im Handgelenk; bei der Fingerstreckung wird die Hand dagegen gebeugt.



a.)



b.)

Abb. 5 :: (nach BRANDT , 1980)

Zusammenwirken von Flexoren/Extensoren der Finger und der Hand:

a.) : Beim Faustschluß arbeiten Fingerbeuger und Handstrecker zusammen.

b.) : Synergismus von Fingerstreckern und Handbeugern bei der Handöffnung bzw. Fingerstreckung.

gewicht der Beuger doch wieder in Volarflexion übergeht (PERTHES, 1918), steht auf einem anderen Blatt.

Leichter fällt die Erklärung der Tatsache, daß trotz der unisono - Wirkung e i n e s Kraftspenders auf alle Fingerstrecksehnen ein individuelles Fingerspiel (Klavatur) möglich ist: dies erklärt sich zum einen aus der individuellen Wirkung der Mm. interossei und lumbricales. Aber auch im Grundgelenk können die Finger einzeln gebeugt und gestreckt werden, wenn der individuell auf den einen oder anderen Finger Übertragene Tonus der Beuger den auf alle Finger gleichmäßig einwirkenden Streckertonus übertrifft bzw. unterschreitet.

3.) Grundsätze für die Wahl der Spender und Empfänger:

Praktische Erfahrung und theoretische Überlegung in rund 90 Jahren Radialisersatzplastik haben folgende wichtige und weithin anerkannte Grundsätze erbracht:

- a.) Der Kraftspender muß kräftig genug für seine neue Funktion sein.
- b.) Seine Bewegungsamplitude soll der des Empfängers entsprechen.
- c.) Der Kraftspender muß so verlagert werden, daß seine Zugrichtung geradlinig bleibt und der Zugrichtung des Empfängers entspricht: der Spender darf also in seinem Verlauf keine scharfe Knickung erfahren.
- d.) Es ist nicht oder nur wenig erfolgversprechend, den Kraftspender zu teilen und nur partiell zu überpflanzen, insbesondere wenn die neue Funktion der verlagerten Muskelhälfte antagonistisch zur Funktion des belassenen Teils ist. Die Kraftspender sind vielmehr total und als Einheit zu herpflanzen (siehe Anmerkung " Teilung der Kraftspender", S. 57).

e.) Dagegen ist es sehr wohl erfolgversprechend, einen Kraftspender auf mehrere Empfänger zu verpflanzen, allerdings nur unter folgenden Bedingungen:

- 1- Die Empfänger müssen möglichst weitgehend Synergisten sein.
- 2- Ihre Sehnen müssen parallel, d.h. in derselben Zugrichtung verlaufen und benachbart sein, so daß die Vereinigung mit der Spendersehne ohne Winkel und Knicks möglich ist.
- 3- Die Bewegungsamplituden der Empfänger müssen untereinander gleich sein und der des Spenders entsprechen.
- 4- Guter Erfolg tritt nur ein, wenn sorgfältig darauf geachtet wird, daß alle Empfängersehn unter derselben Spannung mit dem einen Spender vernäht werden.

f.) Der Erfolg tritt umso schneller und besser ein, wenn der Kraftspender ein Synergist des Empfängers ist. Dabei sind Fingerstrecker und Handbeuger als Synergisten zu betrachten (s.o.). Werden echte Antagonisten verpflanzt - z.B. ein oberflächl. Fingerbeuger auf die Fingerstrecker - , so führt dies zwar auch zu guten Resultaten, aber das "Umlernen" auf die neue Funktion wird erschwert und dauert möglicherweise länger. Die Regel " nur Synergisten verpflanzen" ist im allgemeinen an der oberen Extremität weniger streng zu verstehen als an der unteren.

g.) Man darf nicht zu viele Spender überpflanzen, da ansonsten Nachteile durch den Ausfall der ursprünglichen Spenderfunktion entstehen. "Für die jeweils angestrebte Einzelfunktion muß der Kraftspender gewählt werden, dessen Normalfunktion nicht so wichtig ist als die, die er übernehmen soll." (GELDMACHER, 1981).

Anmerkung zur Teilung der Kraftspender:

Gelegentlich wurde vorgeschlagen, einen Teil des Kraftspenders der Länge nach abzuspalten und nur diesen Teil zu verpflanzen. VULPIUS (1903) nannte dies "partielle Verpflanzung" oder "Funktionsteilung". Dabei sei eine Spaltung nicht nur an der Sehne, sondern bis in den Muskelbauch hinein notwendig.

Wenn ein Teil des Spenders belassen, der abgespaltene Teil dagegen auf eine Empfängersehne verpflanzt werden soll, dann muß ein möglichst vollständiger Synergismus zwischen ursprünglicher Spender- und Empfängerfunktion vorliegen; nur dann sind gute Resultate möglich (STARR, 1922). Wenn die Funktionen ähnlich und die Amplitude von Spender und Empfänger gleich sind, so hält auch HERZOG (1965) "in ausgewählten Fällen" eine Teilabspaltung an einer kräftigen Sehne für möglich. Allerdings sei grundsätzlich der Einsatz eines Spenders für nur eine Funktion erfolgsversprechender.

STEINDLER (1947) spricht sich entschieden für eine Re-spektierung der Einheit des Muskels aus:

"...aber ein solches Aufsplittern der Sehne mit der Absicht, die eine Hälfte unabhängig von und manchmal sogar antagonistisch zu der anderen agieren zu lassen, ist eine physiologische Absurdität und kann nicht zu operativem Erfolg führen."

Nach ISELIN (1959) sollte ebenfalls jeder Spender nur eine Funktion ausüben.

CLEMENS (1947) hingegen propagierte zwecks Einsparung von Spender - Muskeln eine Unterteilung, allerdings beläßt er nicht einen Teil des Spenders in situ, sondern verpflanzt beide Hälften, aber auf verschiedene Empfänger, z.B. einen Teil des M. flexor carpi rad. auf die radialen Hand-, den anderen Teil auf die Daumen-Strecker .

Zusammenfassung: Grundsätzlich sollten die Spender total und als Einheit verpflanzt werden. Eine Teilung des Muskels, wobei die eine Hälfte belassen wird, erscheint zweifelhaft und kann nur in Ausnahmefällen unter best. Bedingungen wie ausreichender Kraft, gleicher Amplitude, Synergismus erfolgreich

sein. Eine solche Teilung eines Kraftspenders wird daher in fast keinem Verfahren aus neuerer Zeit mehr propagiert (Ausnahme: SCHIEWE et.al., 1971).

Für die weitere Diskussion soll hier deshalb von einer Verpflanzung der Kraftspender als Einheit ausgegangen werden.

4.) Bilanz der Spender und Empfänger:

Wir wollen bei der Diskussion zur Wahl der Kraftspender systematisch vorgehen und zunächst eine Bilanz aller gelähmten Muskel (Empfänger) und aller in Frage kommenden Spender erstellen.

Dabei soll sich die Betrachtung auf den schwierigeren Fall, nämlich auf die h o h e Radialisläsion beziehen - zu den besonderen Verhältnissen bei tiefer Läsion vgl. S. 144.

Zur "Bilanz" wird zunächst für Empfänger und Spender je eine Tabelle angegeben. Darin ist u.a. der Bewegungsausschlag als eine für die richtige Kombination Spender - Empfänger wichtige Größe angeführt. Für die K r a f t der einzelnen Muskel, die ebenfalls von Bedeutung ist, habe ich in der Literatur keine zuverlässigen Angaben quantitativer Art gefunden. Einige Autoren zitieren hierzu die Berechnungen des Anatomen FICK (1911), der für jeden Muskel eine "Maximalkraft" bestimmte. Die Angaben FICK's sind jedoch nur sehr begrenzt zuverlässig, so ist z.B. unklar, ob er seine Meßwerte nur von einer Leiche oder als Mittelwert von mehreren gefunden hat. BECK (zit. bei SCHOCH, 1958) hat weitere schwerwiegende Einwände gegen FICK's Angaben erhoben und als Alternative folgende Richtlinie für die "Kraft" gegeben: der Kraftspender soll mindestens die halbe Querschnittsfläche des gelähmten Muskels besitzen, um einigermaßen ausreichend Kraft für seine neue Funktion entwickeln zu können.

Trotz ihrer Unzuverlässigkeit sollen die Werte von FICK in den Tabellen 2 und 3 angegeben werden, weil sie am einfachsten einen groben Eindruck von den Kräfteverhältnissen der verschiedenen Muskeln zueinander vermitteln: man sieht etwa, daß der ulnare Handgelenksbeuger wesentlich kräftiger ist als der radiale.

a.) Bilanz der Empfänger :

Tabelle 2 zählt die bei totaler Radialislähmung ausgefallenen Muskeln auf (vgl. auch S. 3):

Tabelle 2 :

Bei totaler Radialislähmung ausgefallene Muskeln ("Empfänger").

Muskel:	Ab- kürzg.	Kraft(kgm) nach FICK	Bewegungsamplitude (cm)
M. ext. carpi rad. longus	ECRL	0,888	3 (BIESALSKI 1916)
M. ext. carpi rad. brevis	ECRB	1,068	3 (BIESALSKI 1916) 4 (BONOLA 1936)
M. ext. carpi ulnaris	ECU	1,113	2-3 (BIESALSKI 1916)
M. ext. digit. communis	EDC	1,720	3,5-4 (BIESALSKI 1916) 5,5 (MERLE D'AUBIGNE 1953)
M. ext. indicis	ED II	0,456	3,5-4 (BIESALSKI 1916) 5,5 (MERLE D'AUBIGNE 1953)
M. ext. digiti minimi	ED V	--	3,5 (MERLE D'AUBIGNE 1953)
M. ext. poll. longus	EPL	0,140	3,2 (BIESALSKI 1916) 5,8 (MERLE D'AUBIGNE 1953)
M. ext. poll. brevis	EPB	0,070	2, (BIESALSKI 1916) 2,8 (MERLE D'AUBIGNE 1953)
M. abd. poll. longus	APL	0,092	2 (BIESALSKI 1916) 2,8 (MERLE D'AUBIGNE 1953) 0,5 (BONOLA 1936)

Außerdem sind folgende Muskeln gelähmt:

M. triceps, M. brachioradialis, M. supinator, M. anconaeus,
M. brachialis (teilweise).

Anmerkung zur Tabelle 2 :

BUNNELL gibt zu den Bewegungsamplituden folgende grobe Richtwerte:

- Fingerstrecker: 5 cm,
- Fingerbeuger: 7 cm,
- Handgelenk - Muskeln: 3 cm.

Bei systematischer Überlegung ergibt sich zunächst die theoretische Forderung nach Ersatz aller 14 gelähmter Muskeln. Ein Ersatz aller dieser Muskeln ist aber natürlich weder sinnvoll noch wünschenswert noch überhaupt möglich.

Wie kann also die Zahl der zu ersetzenden Muskel reduziert werden? Offenbar durch folgende Überlegungen:

- Zum einen bedürfen einige Muskeln keines Ersatzes:
M. anconaeus, M. brachioradialis und die gelähmte Portion des M. brachialis bedingen durch ihren Ausfall keinen spürbaren Defekt. Für M. triceps und M. supinator wurden zwar Ersatzoperationen angegeben (vgl. S. 148, 149); die Supinationsfähigkeit ist jedoch i.d.R. ausreichend erhalten und der M. triceps bei der typischen hohen Läsion infolge Oberarmbruch intakt geblieben. Selbst wenn der M. triceps mitbetroffen ist, sind diesbezügliche Ersatzplastiken offenbar wenig wirkungsvoll und können hier ausgeklammert werden.
- Es bleiben also noch 9 zu aktivierende Empfänger-Muskeln übrig. Diese Zahl läßt sich weiter reduzieren, wenn man die genannten in Tabelle 2 aufgeführten 9 Empfänger zu "Bündeln" zusammenfaßt, die dann jeweils einen Kraftspender erhalten. M.a.W.: ein Spender wird auf mehrere Empfänger genäht. In diesem Fall muß man sich Überlegen, welche Empfängersehnen bezüglich Zugrichtung, anatomischer Lage zueinander, Bewegungsamplitude und synergistischer Funktion derart zusammenpassen, daß sie ohne Verlust für die Funktion zu einem "Bündel" zusammengefaßt werden können. Es sind dies offenbar:
 - 1- M. abductor poll. longus und M. ext. poll. brevis
 - 2- M. ext. digit. comm., M. ext. indicis proprius,
M. ext. digiti minimi, M. ext. poll. longus.
 - 3- M. ext. carpi rad. longus et brevis, M. ext. carpi uln.

Diese 9 Empfängermuskeln sollen kurz im Einzelnen charakterisiert werden:

- M. ext. carpi rad. longus et brevis: Beide Muskeln verlaufen parallel, ihre Sehnenscheiden hängen breit zusammen. Der Bewegungsausschlag ist für beide gleich, ca. 3 cm. Der lange radiale Strecker setzt am zweiten, der kurze am dritten Metacarpus an. Infolgedessen bewirkt der M. ext. carpi rad. longus eine relativ starke Radialabduktion. Der M. ext. carpi rad. brevis dagegen streckt die Hand fast ohne radiale Abweichung; er kann daher als wichtigster Handstrecker bezeichnet werden (PERTHES, 1918, ISELIN, 1959, GOLDNER, 1974).
- M. ext. carpi uln.: Er wird eigentlich zu Unrecht als Extensor bezeichnet, da er für sich allein praktisch nur zur Ulnarabduktion führt. Eine streckende Wirkung entfaltet er nur im Zusammenwirken mit den radialen Handstreckern. Der M. ext. carpi uln. besitzt allerdings die kräftigste von allen Extensorsehnen (BIESALSKI, 1916).
- M. ext. digit. comm., M. ext. indicis proprius: Beide Muskeln liegen in einer gemeinsamen Sehnenscheide. Im distalen Unterarmdrittel werden die Sehnen des gemeinsamen Fingerstreckers frei von Muskelfasern, während die M.-ext.-inducis-Sehne noch sehr weit distal meist bis in die Scheide hinein von Muskelgewebe begleitet wird. Der M. ext. digit. comm. spaltet sich in vier Endsehnen auf, die etwa ab Höhe der Grundphalangen eine flächenhafte Aponeurose bilden, in die auch die Mm. interossei und Mm. lumbricales einstrahlen.
- M. ext. digiti minimi: Der individuelle Strecker des Kleinfingers besitzt eine sehr dünne Sehne, die sich oft in zwei Zipfeln zum IV. und V. Finger teilt (BIESALSKI, 1916).
- M. ext. pollicis longus: Seine Sehne verläuft in schräger Richtung und überkreuzt die beiden radialen Handstrecker. Von den drei langen Daumenmuskeln hat der M. ext. poll. longus den größten Bewegungsausschlag.
- M. ext. poll. brevis und M. abd. poll. longus: Die Sehnen beider Muskeln liegen in einem gemeinsamen Fach parallel nebeneinander. Ihre Bewegungsamplituden sind untereinander gleich, aber wesentlich kürzer als die des M. ext. poll. longus.

b.) Bilanz der Kraftspender:

Es sollen alle diejenigen Muskeln aufgeführt werden (vgl. Tabelle 3), die als Kraftspender gebräuchlich sind, wiederum unter Angabe von Bewegungsamplitude und Kraft (FICK, 1911). Zusätzlich werden auch Muskeln erwähnt, die nur sehr selten bzw. von einzelnen Autoren verwendet wurden.

<u>Tabelle 3 : Mögliche Kraftspender.</u>			
Muskel	Ab- kürzg.	Kraft(kgm) nach FICK	Bewegungsamplitude (cm)
M. flexor carpi ulnaris	FCU	1,950	2,5-3 (BIESALSKI 1916)
M. flexor carpi radialis	FCR	0,821	2-3 (BIESALSKI 1916)
M. palmaris longus	PL	0,120	2,5 (BIESALSKI 1916)
M. flexor digit. superficialis	FDS	4,815	3,5-4,5 (BIESALSKI 1916)
M. pronator teres	PT	1,590	5 (MERLE D'AUBIGNE 1953)
Seltener vorgeschlagene Spender:			
- M. brachioradialis (MANASSE 1917; siehe S. 145) - M. supinator longus (BASTOS 1926; siehe S. 138) - M. flexor poll. longus (PERTHES 1918; siehe S. 154) - Mm. ext. carpi rad. longus et brevis (siehe S. 145) - M. flexor digit. profundus (LENGFELLNER 1917; siehe S. 131)			

Bei tiefer Radialisläsion können auch die vom N. radialis innervierten intakt gebliebenen Muskeln (z.B. M. brachioradialis, radiale Handstrecker) als Kraftspender eingesetzt werden.

PERTHES (1919) hat als einziger den M. flexor poll. longus angegeben, dies sei bei der Suche nach einem "dritten Spender für das Handgelenk" geschehen, habe sich aber "wenig bewährt".

Neben Kraft und Bewegungsamplitude sind bei den einzelnen Kraftspendern noch die anatomischen Verhältnisse von Bedeutung, insbesondere die Frage, ob und wie weit sich der betreffende Muskel aus seiner ursprünglichen Lage auslösen läßt. Bestimmend ist hier die Länge der freien Sehne und die Höhe des

Eintritts der distalsten Gefäße und Nerven. Da diese Gegebenheiten je nach Muskel variieren, sollen hier die verschiedenen Kraftspender im einzelnen beschrieben werden:

- M. flexor carpi uln.: Dieser sehr kräftige Muskel ist in der Theorie hervorragend als Kraftspender geeignet, praktisch aber bestehen technische Schwierigkeiten: Erstens reicht der Muskelbauch sehr weit herab nach distal: nach BILLINGTON (1922) bis 1,5 cm vor die Ansatzstelle, es müssen also etliche Muskelfasern geopfert werden, wenn der Muskel weit nach proximal ausgelöst werden soll. Die freie Endsehne des M. flexor carpi uln. ist also sehr kurz und mißt nach MCMURRAY (1919) an ihrer oberflächlichen Seite 4 cm, an ihrer tiefen Seite nur 2 cm. Zweitens treten die untersten Blutgefäße aus der A. ulnaris und Nervenäste schon 5 bis 8 cm proximal der Handgelenkslinie (BIESALSKI, 1916) in den Muskel ein. Nach GILAN-SCHAH (1949) strahlen die distalsten Gefäße 4 cm oberhalb des Erbsenbeines ein, die nächsten folgen in Abständen von 3 bis 4 cm.

Die erwähnten Nachteile können in Ausnahmefällen so schwerwiegend werden, daß eine Verpflanzung des M. flexor carpi uln. nicht ratsam erscheint, wie bei unserem Fall Nr. 11, vgl. S. 202.

In der Überwiegenden Mehrzahl der Fälle aber kann der M. flexor carpi uln. trotz der genannten Schwierigkeiten mit ausgezeichnetem Erfolg verpflanzt werden. Betrachtet man die zahlreichen Methoden, so zeigt sich, daß der M. flexor carpi uln. der am häufigsten als Kraftspender verwendete Muskel überhaupt ist.

- M. flexor carpi rad.: Vergleicht man den ulnaren und den radialen Beuger in Bezug auf ihre Eignung als potentielle Kraftspender, so fällt eine gewisse Ironie der Natur auf: der funktionell hervorragend geeignete M. flexor carpi uln. bereitet vom anatomisch-technischen Standpunkt aus Probleme, während der M. flexor carpi rad. technisch in geradezu idealer Weise verpflanzt werden könnte, wenn nicht seit ZACHARY (1946) (vgl. S. 80.) funktionelle Nachteile zu befürchten wären, falls der M. flexor carpi rad. nicht in situ belassen

wird. Der radiale Handbeuger besitzt eine sehr lange (12 - 14 cm nach BIESALSKI, 1916) Endsehne, und die distalsten Gefäße aus der A. radialis treten erst 13 - 15 cm oberhalb der Handgelenkslinie in den Muskel ein. Auslösung und Überführung auf die Streckseite bereiten so keinerlei Schwierigkeiten. Der M. flexor carpi rad. ist etwa halb so kräftig wie der M. flexor carpi uln.

- M. flexor digit. superficialis: Schon BIESALSKI (1916) fand diesen Muskel für Transplantationen gut geeignet, und zwar aus folgenden Gründen:

- er sei für die Fingerbeugung entbehrlich,
- seine Muskelfasern hätten einen hohen Ursprung und ließen sich leicht vom tiefen Fingerbeuger ablösen,
- seine Blutversorgung liege günstig.

Von den vier Sehnen des M. flexor digit. superficialis hat jede ihren eigenen Muskelbauch, so daß man eigentlich von vier Muskeln (II, III, IV, V) sprechen kann. Die Sehnen des oberflächlichen Beugers für Mittel- und Ringfinger liegen oberflächlicher als die anderen beiden und empfehlen sich daher besonders für Verpflanzungen. Beim Auslösen der Sehnen des oberfl. Fingerbeugers soll man sich vor Verletzungen des benachbarten N. medianus hüten.

Ein gewisser Nachteil besteht darin, daß der M. flexor digit. superficialis ein echter Antagonist der Strecker ist und daher u.U. etwas größere Schwierigkeiten für den Patienten beim "Umlernen" auftreten (u.a. WINTSCH, 1972). Trotzdem lassen sich gute Erfolge erzielen, wie die Erfahrungen mit unseren Patienten (vgl. S. 187) beweisen. Als zweiten Nachteil bemängeln LUCKEY und MCPHERSON (1947) die etwas zu kurzen Sehnen dieses Muskels.

Der M. flexor digit. superficialis wird besonders in neuerer Zeit häufig als Kraftspender vorgeschlagen und von einigen Autoren (CHUINARD et al., 1978; THOMSEN und BANG-RASMUSSEN, 1971) sogar gegenüber dem M. flexor carpi uln. bevorzugt (vgl. S. 162). Autoren, welche Operationspläne für drei oder gar vier Kraftspender angeben und zudem - wie heute allgemein gefordert - mit ZACHARY (1946) einen Handgelenksbeuger be-

lassen, sind praktisch gezwungen, auf den III. oder IV, oberflächlichen Fingerbeuger (oder sogar beide, wenn z.B. der M. palmaris longus fehlt) zurückzugreifen.

- M. pronator teres: Der Einsatz des M. pronator teres als Kraftspender für die radialen Handgelenkstrecke wurde 1917 von JONES erstmals praktiziert. In Deutschland ist dieses Verfahren bis nach dem II. Weltkrieg praktisch unbekannt geblieben; in neuerer Zeit aber hat sich der M. pronator teres in dieser Funktion allgemein und konkurrenzlos durchgesetzt.- es sei denn, man bevorzugt eine Tenodesese.

Die Verpflanzung des M. pronator teres ist allerdings technisch die wohl schwierigste: der M. pronator teres wird nach distal zu nicht schmaler, sondern setzt mit einer breiten Fläche am Radius an, wobei die Sehne mit ca. 1 cm extrem kurz ist (MCMURRAY, 1919). Es besteht weitgehend Einigkeit, daß der M. pronator teres mitsamt dem Periost am Ansatz abgetrennt werden muß, und zwar vollkommen, was technisch nicht einfach ist.

Von Vorteil ist, daß der M. pronator teres bei Verpflanzung auf die unmittelbar benachbarten radialen Handstrecke seine ursprüngliche Zugrichtung fast beibehält.

- M. palmaris longus: Dieser Muskel ist insofern ideal für Sehnenverpflanzungen geeignet, als er praktisch "überflüssig" ist und daher keinerlei Nachteile durch den Ausfall seiner ursprünglichen Funktion zu befürchten sind. Andererseits kann der M. palmaris longus - wenn er besonders kräftig ist - dem Gedankengang ZACHARY's (1946) folgend als Beuger belassen werden, wie dies bei unserem Fall Nr. 13, S. 204 gehandhabt wurde.

Leider kommt der M. palmaris longus nicht regelmäßig vor, variiert stark in Form und Größe, ist aber meist recht schwach. Nach FRAGIADAKIS et al. (1978) sind Variationen des M. palmaris longus aber nicht so häufig, wie teilweise in den Lehrbüchern beschrieben. Im Einzelnen können vorkommen: Variierende Größen und Ansatzstellen, Endverzweigungen der Sehne, zwei Muskelbäuche.

Über die Häufigkeit des F e h l e n s des M. palmaris longus gibt es verschiedene Angaben: der Prozentsatz aller Menschen bei denen kein M. palmaris longus angelegt ist beträgt

- nach M. LANGE (1951)..... 5 bis 8%,
- nach WITT (1947).....10 %,
- nach MCMURRAY (1919).....10 %,
- nach BLAUTH und KÖNIG (1973).....10 %,
- nach LOTH (zit. bei SAIKKU, 1947) ..19,3 %.

MONTAGU (zit. bei SCHOCH, 1951) differenziert außerdem nach Rassen und Völkern: der M. palmaris longus fehlt demnach bei Japanern in 3,4 %, bei Negern in 5 %, bei Engländern in 18 % und bei Franzosen in 25 % aller Fälle.

Auch wenn er angelegt ist, kann der M. palmaris longus manchmal zu schwach für eine erfolgreiche Verpflanzung sein. Günstig ist seine mit ca. 15 cm recht lange freie Sehne und die erst weit proximal 15 bis 17 cm oberhalb der Verbindungslinie der beiden Proc. styloidei von Radius und Ulna eintretenden Gefäße.

Der M. palmaris longus kann in gleicher Weise um die Ulna oder um den Radius herum zur Streckseite verpflanzt werden. Er wird in vielen Operationsplänen vorgeschlagen, wobei man sich jedoch Ersatzlösungen überlegen muß, falls er nicht angelegt ist; beispielsweise benutzt MERLE D'AUBIGNE (1953) dann einen der oberflächlichen Fingerbeuger.

- M. brachioradialis: Bei tiefer Radialisläsion können Muskeln der Streckseite wie M. brachioradialis, Mm. ext. carpi rad. longus et brevis, als Kraftspender eingesetzt werden, was den Vorteil Unmittelbar synergistischer Wirkung hat. Der M. brachioradialis findet dabei nur recht selten Verwendung: so wurde er in der Anfangszeit der Radialisersatzoperation gelegentlich empfohlen (vgl. z.B. VULPIUS und STOFFEL, 1913, MANASSE, 1917). In jüngerer Zeit verwendeten ihn ROBERG und HACHENSON (1967).

Die Mm. ext. carpi rad. longus et brevis wurden bereits unter der Rubrik "Empfänger" abgehandelt. Von den sonstigen und nur in Einzelfällen benutzten Kraftspendern ist nur noch der M. flexor digit. profundus erwähnenswert:

- M.flexor digit.profundus: Der tiefe Fingerbeuger ist von wesentlicher Bedeutung für die Flexion der Finger und den Faustschluß. Er ist daher in aller Regel als Spender nicht entbehrlich; schon BIESALSKI (1916) stellte daher fest, er komme " für die Verpflanzung niemals in Frage." Soviel ich weiß, wurde der M.flexor digit.profundus nur von einem einzigen Autor als Kraftspender vorgeschlagen, nämlich von LENGFELLNER (1917).

Fassen wir zusammen: bei hoher Radialisläsion finden sich 9 zu ersetzende Empfänger-muskeln, die sich in drei Gruppen zusammenfassen lassen(1. Fingerstrecker + langer Daumenstrecker; 2. kurzer Daumenstrecker + langer - Abduktor; 3. Handstrecker).

Demgegenüber stehen folgende "Standard - Kraftspender" :

- M.flexor carpi ulnaris,
- M.flexor carpi radialis,
- M.palmaris longus,
- M.flexor digit.superficialis III und IV,
- M.pronator teres.

Von diesen 6 Einzelmuskeln muß nach allgemeiner Ansicht mindestens einer als Beuger belassen werden: nach ZACHARY (1946) der M.flexor carpi radialis, bei SAIKKU (1947) der M.palmaris longus, nach BOYES (zit.bei BARTON, 1973) der M.flexor carpi ulnaris. Daher bleiben maximal fünf Kraftspender übrig.

5.) Ersatz für die Handgelenk - Strecker:

1

Bei der tiefen Radialisläsion bleiben die radialen Handstrecker intakt und es erübrigen sich Maßnahmen zu ihrer Aktivierung.

Im Falle der hohen Läsion muß allerdings etwas gegen das Herabfallen der Hand unternommen werden; dies kann prinzipiell durch drei verschiedene Techniken erreicht werden:

- 1- Fixierung in Streckstellung durch Tenodese;
- 2- Aktive Handstreckung durch einen eigenen Kraftspender;
- 3- Aktive Handstreckung, aber indirekt durch die Wirkung des auf die Fingerstrecker verpflanzten Spenders.

Zu 1.: Die Tenodese als "innere Radialisschiene" verzichtet bewußt auf die Flexion der Hand und will in der Hauptsache die Kraft des Faustschlusses möglichst sicher wieder herstellen. Indikation sowie Für und Wider der Tenodese werden so kontrovers diskutiert, daß dieser Problemkreis weiter unten (S. 85) in einem eigenen Kapitel behandelt werden soll.

Zu 2.: Zwei Kraftspender werden bei den typischen Verfahren für die Versorgung von Daumen und Langfingern gebraucht. JONES (1921) begründete das Prinzip des "dritten Kraftspenders" für das Handgelenk. Mindestens in der Theorie ist dieses Verfahren der Tenodese überlegen, weil es unter Erhalt der Beugefähigkeit keine Bewegungseinschränkungen bedingt und durch aktive Streckung der Hand ebenfalls einen kräftigen Faustschluß garantiert. In der Praxis betonen einige Autoren (wie PERTHES, 1918, WITT, 1948) die stabileren Dauererfolge durch Tenodese. Eine sehr schöne Untersuchung, welche die genannten drei Methoden zur Stützung der Hand kritisch anhand zahlreicher nachuntersuchter Patienten vergleicht, stammt von SAIKKU (1947); sie wird ausführlich zitiert im Kapitel "Tenodese", vgl. S. 94.

Auf welche Empfängersehne soll der "dritte Spender" genäht werden? Es ist nicht möglich, alle drei Handstrecker mit einem Kraftspender zu aktivieren, da deren Sehnen zu weit auseinanderliegen. Der wichtigste Handstrecker ist (s.o. S. 61) der M. ext. carpi rad. brevis. Meist wird aber nicht nur er, sondern auch der parallel laufende lange radiale Strecker aktiviert,

ein Verfahren, welches nicht unbedingt nötig ist und sogar Nachteile durch Vermehrte Radialabduktion bringen kann (ISE-LIN, 1959, GOLDNER, 1974).

Der geeignete Kraftspender für den M. ext. carpi rad. brevis ist der M. pronator teres. Von allen Verbindungen Spender/Empfänger, die jemals zum Thema Radialisplastik vorgeschlagen wurden, stellt die Verwendung des M. pronator teres für die radialen Handstrecker die verbreitetste und am wenigsten umstrittene Standardkombination dar. Von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen verwenden alle Autoren, die einen "dritten Kraftspender" für die Handhebung benutzen, hierfür den M. pronator teres nach der Originaltechnik von JONES. Interessant ist dabei die Anmerkung, daß der Pionier der Radialisersatzoperation FRANKE schon 1898 den Vorschlag zur Diskussion stellte, den M. pronator teres "durch Annähen an den Extensor carpi radialis für die aktive Handstreckung zu verwerten."

Die Verwendung des M. pronator teres hat folgende Vorteile:

- gleichsinnige Zugrichtung und benachbarte Lage zu den radialen Handstreckern.
- Verbesserung des Gleichgewichts zwischen Supination und Pronation durch Schwächung der Übergewichtigen Pronatoren. SAIKKU (1947) fand bei Patienten, bei denen der M. pronator teres verpflanzt wurde, eine Verbesserung der Supinationsfähigkeit.
- Der M. pronator teres kommt als Spender für Finger- oder Daumenmuskeln nicht in Frage. Wird er für die Handstrecker eingesetzt, so werden dadurch andere Spender für die ausgefallenen Funktionen von Daumen und Langfingern frei.

Als Nachteile der Verpflanzung des M. pronator teres können gelten:

- diese Verpflanzung ist technisch besonders schwierig. Insbesondere stört die sehr kurze und schwer auszulösende Sehne des M. pronator teres (vgl. S. 65). Diese Schwierigkeiten erklären wohl auch, warum die Mehrzahl der Autoren den M. pronator teres auch auf den M. ext. carpi rad. longus verpflanzt, obwohl dies zu stärkerer Radialabweichung führt als eine isolierte Aktivierung

des kurzen radialen Streckers; denn der M. ext. carpi rad. longus liegt dem M. pronator teres dichter und unmittelbar benachbart an und ist also von der kurzen Sehne des letzteren leichter zu erreichen.

- In der Theorie (vgl. die Kraftwerte von FICK, 1911) sind Zweifel geäußert worden, ob der M. pronator teres nicht zu schwach für eine funktionell einwandfreie aktive Handstreckung auch unter Belastung sei. WITT (1947, 1948) verlangte besonders bei Schwerarbeitern unbedingt die Tenodese. Andererseits hat SAIKKU (1947) bezüglich der Großen Kraft praktisch keinen Unterschied zwischen Patienten mit Tenodese und solchen mit verpflanztem M. pronator teres gefunden. Auch GOLDNER (1974) hielt den M. pronator teres allein für zu schwach, er verpflanzte folglich zusätzlich noch den M. flexor digit. superficialis IV auf den M. ext. carpi rad. brevis, also "zwei Spender auf einen Empfänger", ein in dieser Form absolut einmaliges Verfahren, vgl. S. 166.

Zu 3.: Die indirekte Handstreckung durch Wirkung des auf den M. ext. digit. communis verlagerten Kraftspender wurde früher oft propagiert ("Teil-PERTHES", K.H. BAUER, 1946, 1947). Heute ist diese Methode sehr viel seltener geworden und wurde durch Verfahren mit drei Kraftspendern, die offensichtlich bessere Resultate bringen, vgl. SAIKKU (1947), ersetzt.

1.) Ersatz für die Fingerstreckern:

Bei der Wiederherstellung der Streckfähigkeit für die vier Langfinger stellt sich zunächst die Frage, ob es genügt, den M. ext. digit. communis zu aktivieren, oder ob zusätzlich auch die individuellen Streckmuskeln für Zeige- und Kleinfinger versorgt werden sollen.

Einige Autoren verpflanzen den zur Fingerstreckung vorgesehenen Kraftspender auf alle drei Empfänger M. ext. digit. communis, M. ext. indicis proprius, M. ext. digiti minimi, ohne allerdings dieses Vorgehen besonders zu begründen.

Die Mehrzahl der Autoren beschränkt sich - ebenfalls ohne

Begründung und ohne näheres Eingehen auf diese Frage mit dem M. ext. digit. communis allein begnügt, wie dies auch bei

Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man sich mit der einfacheren Technik der Aktivierung des M. ext. digit. communis allein begnügt, wie dies auch bei den meisten der von uns behandelten Patienten so gehandhabt wurde.

Welcher Kraftspender ist nun für den M. ext. digit. communis einzusetzen?

Unter den zahlreichen Vorschlägen, welche die Literatur hierfür zu bieten hat, nimmt der M. flexor carpi ulnaris zweifellos den ersten Platz ein. Der radiale und der ulnare Handbeuger waren die ersten Muskeln, die man bei der Suche nach Kraftspendern für eine Radialisersatzplastik einsetzte, und es ergab sich quasi von selbst, den einen davon um den Radius herum zur Versorgung des Daumens zu verwenden und den M. flexor carpi ulnaris um die Ulna herum auf den M. ext. digit. communis zu verpflanzen. So verfuhr FRANKE 1898, und die allermeisten Autoren aus den verschiedensten Ländern kamen unabhängig voneinander auf den gleichen schließlichen Gedanken. Es überrascht es nicht, daß ich den M. flexor carpi ulnaris in über 50 Methoden zur Radialisplastik als Spender für die Fingerbeuger beschrieben fand.

Auf die eventuell auftauchenden technischen Probleme der Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris wurde bereits hingewiesen.

Ein Vorteil des M. flexor carpi ulnaris ist aber, daß er der kräftigste aller zur Verfügung stehenden Spendermuskeln ist. Es war wohl diese Tatsache, die viele Autoren zu der Ansicht führte, der auf die Fingerstrecker verpflanzte M. flexor carpi ulnaris sei kräftig genug, indirekt auch das Handgelenk ausreichend zu strecken. Diese Autoren verzichteten folglich auf Tenodese oder "dritten Kraftspender". Ein bekannter Vertreter dieser heute überwiegend nicht mehr geteilten Meinung war K.H. BAUER (1946, 1947).

Ein anderer Vorschlag hat sich hingegen durchgesetzt: Er erwies sich als ungünstig, alle drei vom N. radialis innervierten Daumenmuskeln mit einem Spender zu aktivieren (vgl. S. 74). Daher verpflanzte man in vielen Fällen den ulnaren Handbeuger

nicht nur auf den M. ext. digit. communis, sondern auch zugleich auf den M. ext. poll. longus. Damit werden, wie auch die Nachuntersuchung unserer Patienten zeigt (S. 189), gute Resultate erzielt.

Obwohl der M. flexor carpi ulnaris als "Standard-Kraftspender" für die Fingerstrecker gelten kann, wurden noch andere Muskeln dafür vorgeschlagen:

Zunächst ist dies der M. flexor carpi radialis (!), der bei immerhin rund 10 Autoren dafür vorgesehen ist. Am interessantesten unter diesen Verfahren ist wohl die Technik von LINDEMANN (1947), siehe S. 134.

Ernsthaft zu Überlegen ist ein Vorschlag aus neuerer Zeit: der M. flexor digit. superficialis IV wurde bei einigen unserer Patienten auf die Fingerstrecker verpflanzt. Dies wurde so von BOYES (zit. bei BARTON, 1973) sowie von THOMSEN und BANG-RASMUSSEN (1971) beschrieben, die dem M. flexor digit. superficialis gegenüber dem M. flexor carpi ulnaris den Vorzug geben. Diesen Autoren zufolge erreicht man insgesamt ein besseres Funktionsgleichgewicht der Hand, wenn bei Aktivierung der radialen Handstrecker deren direkter Antagonist - der M. flexor carpi ulnaris - als Beuger in situ belassen wird. Außerdem passe der oberflächliche Fingerbeuger von seiner Bewegungsamplitude her besser zu den Fingerstreckern.

Die Ergebnisse unserer Nachuntersuchung (S. 190) deuten allerdings darauf hin, daß der M. flexor digit. superficialis schlechter für den Ersatz des M. ext. digit. communis geeignet ist als der "traditionell" dafür verwendete M. flexor carpi ulnaris. Die Diskussion hierüber ist noch im Gange.

Eine weitere seltene Variante besteht darin, die Strecksehnen der vier Langfinger nicht gemeinsam auf einen, sondern auf zwei Spender zu verpflanzen, also zu trennen. Diese Idee wurde von JONES (1921) und STOFFEL (1919) vertreten, die einen Spender für III. bis V. Finger und einen für den M. ext. indicis und den langen Daumenstrecker vorsahen. Damit sollte eine individuellere Zeigefinger-Funktion erreicht werden.

Zusammenfassend können wir festhalten, daß das meistgebrauchte Verfahren zur Aktivierung des M. ext. digit. communis die Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris ist.

7.) Ersatz für die ausgefallenen Daumenmuskeln :

Bei der Radialisparese sind M. ext. poll. longus et brevis und M. abd. poll. longus ausgefallen. Der M. abd. poll. brevis und die Thenar-Muskulatur bleiben intakt (vgl. auch S. 8/9). Da der Daumen der wichtigste Finger ist, wurde auf eine möglichst gute Wiederherstellung seiner komplizierten Bewegungsfunktionen schon immer großer Wert gelegt.

Auch und vor allem heute ist die Versorgung des Daumens ein im Vergleich zu früher stärker umstrittenes Thema. Hier gibt es besonders in jüngerer Zeit viele und kontroverse Ansichten bezüglich der optimalen Zahl und Verteilung von Kraftspendern und -empfängern. Um etwas Ordnung in die verwirrende Vielfalt der Vorschläge zu bringen, kann man die Verfahrensweisen in folgende drei Gruppen einteilen:

- a.) Versorgung von M. ext. poll. longus , M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis mit e i n e m gemeinsamen Kraftspender.
- b.) Versorgung der genannten drei Daumenmuskeln mit z w e i verschiedenen Kraftspendern.
- c.) Versorgung nur eines oder zweier der gelähmten drei Daumenmuskeln.

Anders formuliert: es besteht Uneinigkeit darüber, ob alle drei defekten Daumenmuskeln oder nur einer oder zwei von ihnen reaktiviert werden sollen und wieviele bzw. welche Kraftspender dafür zu verwenden sind. Bei der besonderen Wichtigkeit der Daumenfunktion und dem breiten Raum, den dieses Problem gerade in der neueren Literatur einnimmt, soll dieses Thema ausführlich diskutiert werden.

a.) Alle d r e i gelähmten Daumenmuskeln werden gemeinsam von e i n e m Spender aktiviert:

Bei den "klassischen" Verfahren nach FRANKE (1898) und PERTHES (1918) wird klar zwischen Langfinger- und Daumenfunktion getrennt, indem alle drei ausgefallenen Daumenmuskeln einen gemeinsamen Spendermuskel erhalten, nämlich den M. flexor carpi radialis.

Das Prinzip, einen gemeinsamen Spender für M.ext.poll.longus, M.abd.poll.longus und M.ext.poll.brevis zu verwenden, dominiert besonders in der Frühzeit der Radialisersatzoperation. Der dabei benutzte Spender war fast immer der M.flexor carpi radialis, und zwar auch in der angelsächsischen Literatur: ALTMANN und TROTT, 1946, ABBOTT, 1944, BILLINGTON, 1922 und LAMPHIER und LITTLER, 1947 verpflanzten den M.flexor carpi radialis wie FRANKE.

Auch noch nach dem II. Weltkrieg vernähten CLEMENS (1947) und GILAN-SCHAH (1949) den M.flexor carpi radialis mit allen drei gelähmten Daumenmuskeln.

Aus Gründen, die im nächsten Absatz zu erläutern sind, werden diese Verfahren in neuerer Zeit für ungünstig gehalten.

b.) Versorgung von M.ext.poll.longus und M.abd.poll.longus/
M.ext.poll.brevis mit z w e i verschiedenen Kraft-
spendern :

Wenn nur e i n Spender auf alle drei Daumenmuskeln verpflanzt wird, so ergibt sich eine relativ schlechte Daumenfunktion in Bezug auf Abduktion und Spitzengriff, da dann e i n e m Kraftspender z w e i verschiedene Funktionen (nämlich die von M.abd.poll.longus und M.ext.poll.longus) zugemutet werden (BROOKS, 1949). BROOKS verpflanzt deshalb g e - t r e n n t den M.palmaris longus auf den M.abd.poll.longus und den M.ext.poll.brevis; und zum zweiten den M.flexor carpi ulnaris auf M.ext.poll.longus und die Fingerstrecke.

BUNNELL (1958) und MERLE D'AUBIGNE (1953) wiesen darauf hin, daß die Amplitude des M.ext.poll.longus rund doppelt so groß ist wie die des M.abd.poll.longus (vgl. Tabelle 2) und somit beide Muskeln nicht mit einem gemeinsamen Kraftspender aktiviert werden dürfen. Außerdem betonten MERLE D'AUBIGNE (1953) und auch NIGST (1972) die synergistische Funktion von M.abd.poll.longus und M.ext.poll.brevis bei parallelem Verlauf und gleicher Zugrichtung, die es ermöglichen, für beide Muskeln einen gemeinsamen Spender einzusetzen.

Ein weiteres Argument stammt von SCHOCH (1951, 1958): die Verbindung aller drei gelähmten Daumenmuskeln mit einem Kraftspender sei unmöglich, da zwischen *M. ext. poll. longus* einerseits und *M. abd. poll. longus*/*M. ext. poll. brevis* andererseits an den Insertionsstellen ein Winkel von ca. 30° , mithin eine unterschiedliche Zugrichtung bestehe.

Es waren wohl ähnliche Überlegungen, die STOFFEL (1913) als Ersten dazu veranlaßten, Daumenextension und -abduktion getrennt, also mit zwei verschiedenen Kraftspendern, wiederherzustellen: Er verpflanzte den oberflächlichen Fingerbeuger auf langen Abduktor und kurzen Daumenstrecker, während der lange Daumenstrecker zusammen mit den Fingerstreckern vom *M. flexor carpi ulnaris* versorgt werden. Dies ist gut möglich, da *M. ext. poll. longus* und *M. ext. digit. communis* in Bezug auf topographische Lage, Amplitude und Zugrichtung zusammenpassen. - Denselben Weg ging auch HASS (1919).

Das Prinzip der getrennten Aktivierung der drei ausgefallenen Daumenmuskeln wurde aber bereits noch früher - nämlich 1913 - , allerdings nur bei der Diskussion i s o l i e r t e r Lähmungen dieser drei Muskeln, in der Operationslehre von VULPIUS und STOFFEL (1913) praktiziert: *M. ext. indicis proprius* als Spender für *M. ext. poll. longus* und *M. ext. carpi rad. brevis* für die anderen beiden Daumenmuskeln.

Alle hier genannten Autoren betonen also die g e t r e n n t e Aktivierung der defekten drei Daumenmuskeln mit zwei verschiedenen Kraftspendern, sind sich aber auch alle ausnahmslos darüber einig, daß a l l e d r e i Muskeln (*M. ext. poll. longus et brevis* und *M. abd. poll. longus*) bei einer Totaldaumenersatzplastik versorgt werden müssen:

Jenn etwa nur der lange Daumenstrecker aktiviert wird, so sinkt nach MARTINI und ZELLNER (1976) der Thener palmarwärts und bedingt einen Stabilitätsverlust des Daumens. Diese beiden Autoren verpflanzen den *M. palmaris longus* auf langen Abduktor und kurzen Daumenstrecker und benützen für den *M. ext. poll. longus* einen eigenen, "vierten" Kraftspender.

Auch MERLE D'AUSIGNE (1953) sprach sich für *M. ext. poll. longus* und *M. ext. poll. brevis* auf jeden Fall auch zu

versorgen, da sie für die Palmarabduktion beim Zugreifen wichtig sind.

Dieselbe Meinung vertritt BUNNELL (1958): Wenn die stabilisierende Wirkung des M. abd. poll. longus für das Sattelgelenk nicht ersetzt werde, so resultiere ein wesentlich schlechterer Spitzengriff in "Ellipsenform" an Stelle der günstigen "Kreisform".

Von der Technik her schlägt BUNNELL (1958) vor, den M. palmaris longus oder den M. flexor carpi radialis auf M. abd. poll. longus/M. ext. poll. brevis zu verpflanzen: der Spender wirke dann immer noch als Handbeuger, wenn das Ringband des M. abd. poll. longus gespalten und dessen Sehne dann zur Beugeseite herübergezogen werde.

Wenn nur der M. ext. poll. longus aktiviert wird, so ergibt sich eine schlechtere Daumenfunktion (HOHMANN, 1949 ; SCHOCH, 1951; VERDAN (zit. bei BUCK-GRAMCKO, 1973)).

Der M. ext. poll. longus kann entweder zusammen mit dem gemeinsamen Fingerstrecker vom M. flexor carpi ulnaris versorgt werden (z.B. MERLE D'AUBIGNE, 1953), oder aber einen eigenen, "vierten" Kraftspender erhalten, so etwa bei MARTINI und ZELLNER (1976), DOMENICONI (1955) und im nach M. LANGE (1951) modifizierten PERTHES-Verfahren.

Eine recht eigenwillige Technik stammt von ISELIN (1959): er verpflanzt den M. palmaris longus auf den langen Daumenstrecker und führt mit den Sehnen der anderen beiden Daumenmuskeln eine Tenodese durch. Diese Technik wurde später auch von BLAUTH und KÖNIG (1973) übernommen.

Zusammenfassung: Die in dieser Gruppe vertretenen Autoren schlagen vor, den M. ext. poll. longus einerseits und M. abd. poll. longus/M. ext. poll. brevis andererseits getrennt mit zwei Kraftspendern zu versorgen, weil

- die Amplitude des M. ext. poll. longus doppelt so groß ist wie die der anderen beiden Daumenmuskeln;
- die Zugrichtung von langem Daumenstrecker einerseits und Abduktor/kurzem Strecker andererseits verschieden ist;
- M. abd. poll. longus und M. ext. poll. longus verschiedene Funktionen haben: Abduktion und Streckung.

Dabei ist es aber wichtig, alle drei defekten Daumenmuskeln zu aktivieren: wird nur der M. ext. poll. longus als "wichtigster" Daumenmuskel versorgt, so resultiert eine ungenügende Radialabduktion des Daumens und ein schlechter Spitzengriff.

Nach den Erfahrungen mit unseren Patienten (vgl. S. 189) liefert die Methode M. flexor carpi ulnaris auf Finger- und langen Daumenstrecker sowie M. palmaris longus auf M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis die besten Resultate.

c.) Versorgung nur eines oder zweier der gelähmten Daumenmuskeln:

Besonders in jüngerer Zeit sind mehrere Autoren davon abgerückt, alle drei defekten Daumenmuskeln wieder zu aktivieren. Meist beschränkt man sich nur auf die Versorgung des M. ext. poll. longus. Dieses Verfahren geht auf SCUDERI (1949) zurück, der den langen Daumenstrecker radial verlagerte und in der Tabatiere mit dem M. palmaris longus vereinigte, wobei er über "exzellente Resultate" berichtete. Extension und Abduktion wären ausreichend. Eine Versorgung von zwei oder drei Daumenmuskeln verschlechtert nach SCUDERI (1949) nur das Ergebnis, da alle unterschiedliche Zugrichtung und Amplituden besäßen.

Dasselbe Prinzip vertritt BUCK-GRAMCKO (1973): der M. ext. poll. longus allein genüge durchaus für eine ausreichende Abduktion und einen festen Spitzengriff (vgl. die gegensätzliche Ansicht von BUNNELL, 1958; s.o.). Dabei müsse der lange Daumenstrecker aber von der Streck- zur Radialseite verlagert werden, "wodurch er einen Teil der Aktion des M. abductor poll. longus übernimmt." Außerdem erzielt man so nach BUCK-GRAMCKO eine Unabhängigkeit der Daumenfunktion, und: "Der Daumen wird dadurch in seiner Basis stabilisiert, so daß keine Sehnentransposition auf den M. abductor pollicis longus erforderlich ist."

Diese Technik wurde von VERDAN (Diskussionsbeitrag zu BUCK-GRAMCKO, 1973) kritisiert: "Daher fehlt die Aktion des Daumens, welche in der Tat als die wichtigste zu ersetzen ist, das ist die dorsale Projektion." Es sei daher besser, in der Art MEYER D'AUBIGNEs den M. flexor carpi ulnaris von dorsal her

auf M. ext. poll. longus (und Fingerstrecker) zu verpflanzen, "wodurch alle 5 Finger dorsal projiziert werden." Außerdem müßten M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis zwecks ausreichender Radialabduktion versorgt werden.

Im Gegensatz hierzu steht GOLDNER (1974) auf demselben Standpunkt wie BUCH-GRAMCKO: Eine Aktivierung von langem Abduktor und kurzem Strecker sei normalerweise nicht nötig, nur wenn bei alleiniger Versorgung des M. ext. poll. longus eine Tendenz zur Überextension des Daumens im Metacarpophalangealgelenk auftritt, was GOLDNER in seltenen Fällen beobachtete, so könne man gegebenenfalls in zweiter Sitzung auch die anderen beiden Daumenmuskeln versorgen. - Zum Verfahren von GOLDNER siehe S. 166 .

Eine ähnliche Meinung vertritt auch BRANDT (1980), der ebenfalls auf eine Aktivierung des M. abd. poll. longus verzichtet, allerdings den M. ext. poll. brevis mit versorgen will: demnach genüge ein Kraftspender - der M. flexor carpi rad. - für die beiden Daumenstrecker, wobei die Sehnenanastomose aber nicht dorsal, sondern volar der Handgelenks-Drehachse zu geschehen habe. Dann behalte der M. flexor carpi rad. einen Teil seiner Beuge-Funktion. Der Haupteffekt aber sei, daß der Daumen dadurch in eine mehr volar projizierte Abduktionsstellung komme, was für die Greiffunktion besser sei (vgl. die entgegengesetzte Ansicht von VERJAN, s.o.).

Wiederum im Gegensatz dazu haben MOBERG und NACHEMSON (1967) bei den von ihnen behandelten Patienten verschiedene Techniken zur Daumenversorgung angewendet, wobei meist der M. abd. poll. longus und der M. ext. poll. longus getrennt von jeweils einem Kraftspender versorgt wurden. Den kurzen Daumenstrecker versorgten sie in keinem Fall. Bei einigen Patienten beschränkten sie sich - im diametralen Gegensatz zu BUCH-GRAMCKO (1973) und GOLDNER (1974) - ausschließlich darauf, den M. abd. poll. longus zu aktivieren.

Eine ganz extreme und heute kaum mehr haltbare Meinung vertraten BAUER (1946, 1947) und GEORG (1960): sie halten eine Versorgung des Daumens i.d.R. für gänzlich unnötig und wollen nur bei seltenen Fällen, wo der Daumen den Zugriff der Finger stört oder der Beruf aktive Daumenstreckung verlangt, in zwei-

ter Sitzung einen Kraftspender auf die gelähmten Daumenmuskeln verpflanzen. Zur Abduktion genügt ihrer Ansicht nach der intakt gebliebene und durch Arbeitshypertrophie gestärkte M. abd. poll. brevis.

Fassen wir zusammen: der Gedanke, nicht alle drei ausgefallenen Daumenmuskeln (sondern nur einen oder zwei davon) zu versorgen, findet besonders in jüngerer Zeit zunehmend Anhänger, wobei jedoch die unterschiedlichsten und einander widersprechenden Varianten vorgeschlagen werden. Am stärksten vertreten ist dabei die Tendenz, nur den M. ext. poll. longus zu aktivieren. - Im Gegensatz dazu stehen die gebräuchlichen Verfahren, die nach wie vor alle drei gelähmten Daumenmuskeln mit zwei Kraftspendern versorgen. Bei allen von uns operierten Patienten (vgl. S. 188) wurden sämtliche defekten Daumenmuskeln aktiviert.

2.) Nachteil: Durch den Ausfall der ursprünglichen Fingerfunktion:

Bezüglich dieser Frage bildeten sich schon frühzeitig zwei Lager: HASS (1929), MCMURRAY (1919) und WITT (1946) hielten den Ausfall der Handbeuger für völlig belanglos, da die Fingerbeuger auch die Flexion des Handgelenks übernahmen.

Ihnen gegenüber stand SCHREIEGG (1916), der außer dem M. palmaris longus keinen einzigen Muskel kennt, bei dessen Verpflanzung nicht eine für die Hand wichtige Funktion geopfert wird. Es leuchtet zumindest ein, daß, wenn Flexoren verlegt werden, die Kraft der Flexion immer geschwächt wird.

Die heutige Anschauung ist differenzierter: das Ziel der Radialisersatzoperation ist der Ersatz unverzichtbarer Funktionen durch Umlagerung weniger wichtiger Muskeln:

"Damit geht immer eine Schwächung der ohnehin durch die Lähmung bereits geminderten Kraft der Gliedmaße einher. Bei richtigem Einsatz der operativen Mittel erreicht man jedoch eine gleiche Kraftverteilung zwischen Agonisten und Antagonisten." (BLAUTH und KÖNIG, 1973).

Dieses erstrebte Gleichgewicht erfordert aber, daß nicht alle drei Beuger der Hand (Mm. flexor carpi rad. et ulnaris, M. palmaris longus) verpflanzt werden:

"Es ist sicher falsch zu behaupten, daß die Beuger überflüssig seien, weil die Strecker gelähmt sind, denn man schafft neue Strecker, braucht also auch antagonistische Beuger." (GEORG, 1960).

Infolgedessen, so GEORG, störe die Verlagerung von radialem und ulnarem Beuger zur Streckseite das "muskeldynamische Gleichgewicht im Handgelenk".

Solche oder ähnliche Gedanken wurden schon viel früher geäußert, gerieten aber offenbar in Vergessenheit: schon SPITZY riet 1918 davon ab, beide Handbeuger zu verpflanzen, der variable M. palmaris longus sei für die Flexion im Handgelenk nicht ausreichend. Und über 25 Jahre vor ZACHARY (1946) kam SUDECK (1919) zu dem Schluß:

"... ist der Beuger nicht nur zum Beugen da, sondern zur Fixierung des Handgelenks bei jeder Bewegung und bei dem antagonistischen und synergistischen Spiel von großer Bedeutung. Die Erhaltung des Hauptbeugers (Flexor carpi radialis) ist an und für sich gewiß ein großer Vorteil."

Diese Erkenntnis mußte erst 1946 von ZACHARY wiederentdeckt und durch präzise Messungen an etlichen nachuntersuchten Patienten zweifelsfrei praktisch bewiesen werden, um heute zum unbestrittenen Allgemeingut zu gehören:

In seiner klassischen Arbeit (1946) stellt ZACHARY insgesamt 53 Patienten vor, die er in zwei Gruppen einteilt:

- 1. Gruppe: Beide flexoren (M. flexor carpi ulnaris und M. flexor carpi radialis) verpflanzt; insgesamt 24 Fälle: In 5 Fällen fehlte außerdem der M. palmaris longus: bei diesen 5 Patienten zeigte sich ausnahmslos sehr schlechte Fingerstreckung (Defizit 30-60°) und ungenügende aktive Handbeugung. Da kein Gegengewicht durch Handgelenksbeuger vorhanden war, wurde das Handgelenk nicht stabilisiert und jedesmal gestreckt, wenn die Patienten die Finger extendieren wollten, dadurch entstand die unbefriedigende Fingerstreckfähigkeit,

Bei den restlichen 19 Fällen dieser 1. Gruppe war der M. palmaris longus vorhanden: hier zeigten sich schon bessere, wenn auch nicht zufriedenstellende Resultate: bei 14 Patienten war das Fingerstreck-Defizit größer als 10^0 , und immerhin noch 8 Patienten konnten die Hand aktiv nicht beugen.

- 2. Gruppe: Nur ein Beuger - der M. flexor carpi ulnaris - wurde verpflanzt, der M. flexor carpi radialis blieb in situ; insgesamt 29 Fälle:

27 dieser Patienten erreichten eine vollständige Fingerstreckung mindestens bis zur Neutralposition; alle 29 Patienten konnten die Hand aktiv beugen. Die Fingerstreckung gelang hier wesentlich besser, weil das Handgelenk durch den belassenen M. flexor carpi radialis in leichter Beugestellung fixiert wurde.

Eine Zusammenfassung der quantitativen Ergebnisse ZACHARYs gibt Tabelle 4:

<u>Tabelle 4 : Ergebnisse der Untersuchung von ZACHARY (1946)</u>			
	Zahl der Fälle	Prozent dieser Fälle mit vollständ. Fingerstreckung	Prozent dieser Fälle mit aktiver Handbeugung
1. Gruppe: beide Beuger verlagert	24	21 %	46 %
2. Gruppe: M. flexor carpi radialis belassen	29	97 %	100 %

Der M. flexor carpi radialis ist zwar nicht so kräftig wie der ulnare Beuger, aber setzt zentraler am Handgelenk an und bewirkt weniger Seitabweichung (BARTON, 1973).

ZACHARY hielt also als Regel fest: der M. flexor carpi radialis ist möglichst zu belassen, mindestens aber der M. palmaris longus.

Diese Regel ist - wie gesagt - Allgemeingut geworden und wird u.a. von MERLE D'AUBIGNE (1953), BUCK-GRAMCKO (1973),

HIEBLER (1976), GULDNER (1974) und NIGST (1972) anerkannt.

Kritik an der Regel ZACHARYs äußerten allerdings SAIKKU (1947) und REHNBERG (zitiert ebd.): wichtiger als die von ZACHARY betonte Fingerstreckung sei die Greif-Kraft, die aber selbst bei der Verpflanzung von ulnarem und radialem Beuger kaum ausreiche. Nach SAIKKU und REHNBERG braucht daher nicht in jedem Fall ein Beuger belassen werden. Als entscheidendes Kriterium empfahl SAIKKU, intra operationem an den Sehnen des M. ext. digit. communis zu ziehen, nur wenn sich dabei keine vollständige Extension im Fingergrundgelenk ergebe, solle der M. flexor carpi radialis vorsichtshalber belassen werden.

Wie der andere Wege geht BOYES (zit bei BARTON, 1973) der weder den M. flexor carpi radialis noch den M. palmaris longus, sondern vielmehr den M. flexor carpi ulnaris als Beuger belassen will, da dieser der natürliche und direkte Antagonist der wiederaktivierten radialen Handstrecker ist.

SELBKE (1963) wies darauf hin, daß die ZACHARY'schen Forderungen nicht auch für Methoden mit Tenodese gelten müssen; in solchen Fällen könnten durchaus alle Beuger einschließlich des M. palmaris longus verpflanzt werden: typisch im Verfahren von M. LAUGE (1951, vgl. S. 157).

Als Nachtrag bleibt die Frage, ob der M. pronator teres ohne Schaden als Spender verwendet werden darf.

Die Verpflanzung des M. pronator teres bringt keine Nachteile bezüglich verminderter Pronationsfähigkeit (ABBOTT, 1944), eher im Gegenteil: die Verlagerung des M. pronator teres gewährt ein besseres Muskelgleichgewicht zwischen Pronation und Supination (MCMURRAY, 1919). Der Einsatz des M. pronator teres hilft so, Pronationskontrakturen zu verhüten (SAIKKU, 1947). SAIKKU fand auch bei seinen Patienten eine deutliche Verbesserung der Supination, falls der M. pronator teres verpflanzt

HUGENBUHL (Diskuss.-Beitrag zu BUCK-GRAMCKO, 1973) meint allerdings, daß der M. pronator teres im Falle einer Regeneration von Funktion wieder zurückversetzt werden müsse, weil

Zusammenfassung:

Nach der heute am meisten verbreiteten Meinung kann man im Einklang mit ZACHARY (1946) festhalten:

- keinesfalls dürfen M. flexor carpi ulnaris, M. flexor carpi radialis und M. palmaris longus verpflanzt werden (Ausnahme: zusätzliche Tenodese).
- ein kräftiger M. palmaris longus genügt u.U. zur Stabilisierung des Handgelenkes.
- am besten ist es aber, den M. flexor carpi radialis in situ zu belassen. Er wirkt dann als "wrist stabilizer" (ZACHARY) und garantiert optimale Fingerstreckung und ausreichende Handöffnung bei leichter Flexion im Handgelenk.
- die Verpflanzung des M. pronator teres bringt keine Nachteile mit sich.

9.) Quintessenz: zur Wahl der Kraftspender:

Eine "Standardmethode" läßt sich nicht angeben. Erkenntnisse aus der Literatur und Erfahrungen mit unseren Patienten (vgl. S. 191) ergeben jedoch folgende empfehlenswerte Spender / Empfänger - Kombinationen:

- M. flexor carpi radialis: soll möglichst in situ belassen werden. Seine Verpflanzung ist diskutabel bei Methoden mit Tenodese, oder wenn ein kräftiger M. palmaris longus belassen wird, oder im Sinne der BOYLS-Methode (vgl. S. 162). Dann kann der M. flexor carpi radialis am zweckmäßigsten auf langen Abduktor und kurzen Strecker des Daumens verpflanzt werden.
- M. flexor carpi ulnaris: der ideale Spender zur Aktivierung des M. ext. digit. communis. Am besten wird dabei auch noch der lange Daumenstrecker vom M. flexor carpi ulnaris mitversorgt.
- M. palmaris longus: wenn er vorhanden ist, wird er mit gutem Erfolg auf M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis verpflanzt, oder auch als individueller Spender für den langen Daumenstrecker.

- M. flexor digit. superficialis: Er eignet sich alternativ zum M. palmaris longus für die Daumenversorgung, dagegen nach unseren Erfahrungen (vgl. S. 190) nicht so gut wie der M. flexor carpi ulnaris zur Aktivierung der Fingerstrecker.
- M. pronator teres: Standard-Kraftspender für M. ext. carpi rad. brevis und eventuell auch für den langen radialen Handstrecker. Dies ist nur bei hoher Radialisläsion indiziert. Als Alternative kommt dann nur die Tenodese in Frage.
- M. ext. carpi rad. longus: bleibt bei tiefer Läsion intakt und kann dann u. U. als Kraftspender mit herangezogen werden.

V.) DAS PROBLEM DER TENODESE.

1.) Prinzip und Ziele:

Die Tenodese dient der vollständigen oder teilweisen Blockierung der Gelenkbeweglichkeit an einer gelähmten Gliedmaße durch Fixieren von Sehnen am Knochen. Durch diese Fixierung wird die Sehne in ein Ligament umgewandelt.

Zusätzlich zur Verpflanzung von Muskeln wurde bei der Radialisersatzoperation schon frühzeitig (VULPIUS, 1914) an eine Tenodese der gelähmten Handstrecker-Sehnen gedacht; man erreichte damit in etwa dasselbe wie mit einer Radialisschiene. GEORG (1960) bezeichnet die Tenodese deshalb auch als "innere Schiene".

Zurückgehend auf PERTHES (1918) war und ist die Tenodese in Deutschland recht weit verbreitet, ganz im Gegensatz zum angelsächsischen Raum, wo sie praktisch unbekannt ist und nur ganz selten fixierende Eingriffe - dann aber meist als Arthro-dese - vorgeschlagen werden. Eine Ausnahme macht BUNNELL (1958), der Tenodese und Arthro-dese als "unterstützende und alternative Maßnahmen" in Erwägung ziehen will. Der Sinn derartiger Maßnahmen liegt nach BUNNELL zum einen in der Stabilisierung proximaler Gelenke, wodurch dann distale Gelenke durch Muskelverpflanzung wieder beweglich gemacht werden können. Zum zweiten erreicht man mit der Tenodese eine Fixierung des Gelenks in optimaler Funktionsstellung.

Das Verhältnis von Tenodese bzw. Arthro-dese zu aktiver Sehnenverlagerung wurde von M. LANGE (1951) folgendermaßen definiert: Eine Fixation des Gelenks

"kann wohl eine wertvolle Voraussetzung für die Leistungssteigerung der Hand abgeben, aber der funktionelle Wert der Hand hängt ausschlaggebend von der erfolgten Sehnenverpflanzung ab."

Der Hauptzweck der Handgelenks-Tenodese bei der Radialisläsion liegt in der Verbesserung des Faustschlusses, der bei der Fallhand höchst insuffizient bzw. kraftlos ist. Der Faustschluß wird hingegen wesentlich kräftiger, wenn die Hand durch Tenodese in mäßiger Dorsalextension fixiert steht.

Gelegentlich kommt es vor, daß durch Verwachsungen der verpflanzten oder gelähmten Muskeln eine "unfreiwillige Tenodese" entsteht, die - wie mehrere Autoren berichten (MÜLLER, 1915¹, DUMPERT, 1922, BUNNELL, 1958) - durchaus gute Resultate im Sinne einer "beabsichtigten" Tenodese liefern kann.

Spricht man im Zusammenhang mit Radialisersatzplastiken von "Tenodese", so meint man immer die Fixation der Handstreckersehnen, unter denen die des M. ext. carpi rad. brevis die wichtigste ist.

Gelegentlich wurden bei der Radialisläsion aber auch andere Sehnen zur Tenodese verwendet:

DUMPERT (1922) beschrieb ein "Prinzip der Transmissionswirkung mehrgelenkiger Muskeln": eine Tenodese der M. ext.-digit.-communis-Sehnen bewirke durch Transmission eine automatische Handstreckung bei Fingerbeugung und umgekehrt eine Faustöffnung bei aktiver Handbeugung. Diese Beobachtung wurde von BUNELL (1958) bestätigt. - Weiterhin zog DUMPERT auch die gelähmten Daumenmuskeln zur Tenodese heran, wie auch später von ISSELIN (1959) vorgeschlagen; diese Tenodese bewirke, daß der Daumen indirekt mit Hilfe der Thenarmuskulatur abduziert werden könne.

Die Vorschläge für Tenodesen mit anderen Sehnen als denen der Handextensoren sind aber recht selten und erreichten alle keine weitere Verbreitung, so daß sich die weitere Diskussion hier auf die klassische Handgelenks-Tenodese beschränkt.

2.) Vor- und Nachteile der Tenodese:

Der Wert oder Unwert der Tenodese des Handgelenks ist bis heute umstritten. Die hierzu in der Literatur genannten Argumente sollen an dieser Stelle aufgelistet werden:

a.) Nachteile der Tenodese:

- 1- Einige Autoren lehnen die Tenodese u.a. deshalb ab, weil sie die Operation wesentlich kompliziert, insbesondere dann, wenn sie nach der sehr aufwendigen, aber allein erfolgsversprechenden PERTHES-Technik durchgeführt wird. (HASS, 1919). TERTSCH (1970) meint, daß die komplizierte PERTHES-Operation sehr viel Routine erfordere, die

aber bei der relativ geringen Patientenzahl im Frieden nicht erworben werden könne.

- 2- Als einer der Hauptnachteile der Tenodese gilt ihre Tendenz zum "Nachgeben" und somit ihre unsicheren Erfolgsaussichten. PERTHES (1918) hat zugegeben, daß auch die denkbar stabilste Knochenkanal-Tenodese nachgeben kann. Die Tenodese ist nämlich großen Belastungen ausgesetzt, sie muß nicht nur die Hand gegen die Schwerkraft halten, sondern bei jedem Faustschluß dem Zug der Muskulatur (Fingerbeuger) entgegenwirken. Nach PERTHES (1918) ist dieses "Nachlassen" allerdings durch eine entsprechende Technik in kalkulierbaren Grenzen zu halten. Andere aber (u.a. KONIG, 1947, SAIKKU, 1947, GILAN+SCAH 1949), sehen im Nachgeben der Tenodese - wodurch die Hand auf die Dauer doch wieder in Volarflexion fällt und der Faustschluß entsprechend schwach wird - einen schwerwiegenden Nachteil.
Bezüglich der Erfahrungen mit unserem Patientengut zum Thema "Nachgeben der Tenodese" vgl. S. 188!
- 3- Der offensichtlichste Mangel der Tenodese liegt in der starren, jede Flexion unmöglich machenden Fixierung des Handgelenks. Befürworter der Tenodese geben diesen Nachteil ohne weiteres zu, meinen aber, der Ausfall der Beugung werde durch den Vorteil des kräftigeren Faustschlusses aufgewogen (PERTHES, 1918). Im Gegensatz dazu halten SPITZY (1918), LINDEMANN (1947) und bes. SAIKKU (1947) den Verlust der Volarflexion im Handgelenk für einen großen Nachteil. Abgesehen von objektiven Behinderungen lehnen viele Patienten auch subjektiv eine Handgelenkversteifung ab.
- 4- Insbesondere bei feineren Arbeiten ist der Verlust der Handbeugung schwerwiegend. HASS (1919) betont die Wichtigkeit der Volarflexion der Hand beim Ergreifen kleinerer Gegenstände.
- 5- Die Tenodese fixiert das Handgelenk in Streckstellung und behindert so eine optimale Fingerextension, wie auch von PERTHES (1918) konzidiert wurde.

- 6- Der Hauptzweck der Tenodese besteht in der Sicherung eines kräftigen Faustschlusses durch Fixieren der Hand in Streckstellung. Diese Position kann aber auch aktiv durch die Wirkung des auf den M. ext. digit. communis verpflanzten M. flexor carpi ulnaris erreicht werden, so daß die Tenodese überflüssig ist. Nach HASS (1919) streckt nicht nur der reaktivierte Fingerstrecker, sondern auch der M. ext. poll. longus das Handgelenk. Daß der verpflanzte M. flexor carpi ulnaris die Hand aktiv heben kann, wird auch von den Verteidigern der Tenodese nicht bestritten, man bezweifelt jedoch, daß seine Leistungsfähigkeit in dieser Beziehung ausreicht. Die Vertreter des "Teil-PERTHES" und der "Einsehnenplastik" (BAUER, 1946) halten den ulnaren Beuger allerdings für kräftig genug, insbesondere, wenn er von vornherein besonders kraftvoll ist und durch eine gute Nachbehandlung trainiert wird. HERBIG (1948) glaubt auch, daß der M. flexor carpi ulnaris im Laufe der Zeit unter der Belastung hypertrophiert.

Die bisherige Diskussion bot nur die Alternative von Methoden mit einem oder zwei Kraftspendern. Ganz anders gelagert ist der Fall aber beim Einsatz eines dritten Kraftspenders (M. pronator teres) speziell für die Handgelenkstreckung: dadurch erzielt man eine gute aktive Handhebung, und die Tenodese wird überflüssig.

- 7- Die Tenodese ist ferner von Nachteil, wenn eine "Frühoperation" durchgeführt werden soll oder eine wenn auch geringe Möglichkeit der Regeneration der Streckmuskeln besteht. Die Tenodese würde dann "irreparable Verhältnisse" schaffen und muß folglich zu Gunsten einer schonen deren Plastik unterbleiben.

b.) Vorteile der Tenodese:

- 1- Ein Hauptvorteil der Tenodese liegt in dem dadurch ermöglichten wesentlich kräftigeren Faustschluß. Nach PERTHES (1918) erzielen Verfahren mit einem oder zwei Kraftspendern ohne Tenodese zwar einen Faustschluß mit dor-

sal flektiertem Handgelenk, wenn ein feststehender und Halt gebender Gegenstand umfaßt wird. PERTHES fand aber bei diesen Patienten regelmäßig eine starke Volarflexion, wenn Faustschluß und Faustdruck um einen f r e i gehaltenen Gegenstand ausgeübt wurden. Die Tenodese garantiert im Gegensatz dazu wesentlich bessere Kraftleistungen, nämlich bis zu 80 % der gesunden Hand. Auch HESS (1949) bestätigte dieses von PERTHES beschriebene Phänomen. Dies wird andererseits von Autoren wie HASS (1919), KRAUSE (1921) und BAUER (1946) bestritten: auch ohne Tenodese sei kräftiger Faustschluß in Dorsalflexion möglich, die Tenodese bringe mithin keinen Vorteil für die grobe Kraft.

Nach den Untersuchungen SAIKKUs (1947; vgl. S. 94) erreicht man durch den Einsatz des M. pronator teres praktisch genauso gute Resultate bezüglich der groben Kraft wie mit einer Tenodese.

- 2- Der wohl wichtigste Pluspunkt der Tenodese ist der durch sie garantierte sicherere Dauererfolg der Radialisersatzplastik. Auch SUDECK (1919) als Anhänger der "Einsehnenoperation" gab zu, daß sein Verfahren der Tenodese auf Dauer unterlegen sei. Sehr Überzeugend konnte WITT (1947) diese Tatsache beweisen: bei der Nachuntersuchung von jeweils über 100 (!) nach PERTHES und in Form einfacher "Strecksehnenplastik" (ein bis zwei Spender ohne Tenodese) operierter Patienten ergaben sich bei den Fällen mit Tenodese eindeutig bessere Dauererfolge. Damit dürfte die folgende Rangordnung erwiesen sein:

- Verfahren mit nur einem oder zwei Spendern liefern die schlechtesten Resultate;
- Methoden mit Tenodese sind demgegenüber deutlich besser;
- ob die Tenodese allerdings in Konkurrenz mit dem M. pronator teres als drittem Spender besser abschneidet, bleibt weiterhin zweifelhaft und wird z.B. von SAIKKU (1947) und MERLE D'AUBIGNE (1953) bestritten.

Nach WITT (1948) garantiert die Tenodese deshalb bessere

Dauerresultate, weil sie ein Ü b e r d e h n e n der verpflanzten Muskeln verhindere. Besonders beim schwer arbeitenden Menschen sei diese Überdehnungsgefahr aber sehr groß und somit unbedingt eine Tenodese zu fordern. Diese Überdehnungsgefahr wird von Gegnern der Tenodese - vgl. HIEBLER (1976) - bestritten.

- 3- Durch die Tenodese wird nach Ansicht einiger Autoren eine insgesamt bessere Beweglichkeit der Finger erreicht: die Tenodese ermöglicht eine bessere Fingerbeugung und allgemein ein freieres Fingerspiel (WITT, 1948, STORCK, zit. bei SCHUCH, 1951). Die Stabilisierung im Gelenk 2. Ordnung ergebe Gewinn für das Gelenk 1. Ordnung: der auf die Fingerstrecker verpflanzte Kraftspender braucht nicht die Hand zu heben, sondern kann sich ganz auf die Fingergrundgelenke "konzentrieren". Auch HERZOG, (1965) bestätigt ein besseres Fingerspiel bei Verfahren mit Tenodese.

Hier bleibt abermals offen, inwieweit Methoden unter Einsatz des M. pronator teres an die Resultate mit Tenodese heranreichen oder sie sogar übertreffen.

- 4- Die Tenodese gewährleistet eine wesentlich bessere Sicherung gegen seitliches, besonders ulnares Abweichen der Hand (WITT, 1948, ZENKER, 1948).
- 5- Besonderen Wert legte PERTHES (1918) auf die nur durch eine Tenodese garantierte gute Schreibfunktion: flottes Schreiben erfordere 30° Streckung im Handgelenk bei gleichzeitigem kompliziertem Fingerspiel, was ohne Tenodese nicht möglich sei. Allerdings bestreitet HASS (1919) die Verbesserung der Schreibfunktion durch Tenodese.
- 6- Durch die Tenodese bleiben die Handbeuger für dauernd ausser Funktion und "liegen brach" (PERTHES, 1918). Deshalb können sie ohne Nachteil verpflanzt werden, einmal um sie in neuer Funktion als Strecker zu nutzen, und zum anderen zwecks Entlastung der Tenodese. Die Tenodese ermöglicht also eine Verlagerung aller Handbeuger (GELBUK, 1963) - was bei Verfahren ohne Tenodese nicht ange-

raten ist (ZACHARY, 1946). Man gewinnt also mehr und u. U. bessere Kraftspender. Die Tenodese ist daher besonders wichtig, wenn kombinierte Läsionen mehrerer Nerven vorliegen.

3.) Technik der Tenodese:

Bei der technischen Ausführung der Handgelenks-Tenodese stellen sich folgende drei Fragen:

- Welche Sehnen sind zur Tenodese zu verwenden?
- Wie soll man sie am zweckmäßigsten befestigen?
- In welchem Grad an Dorsalflexion soll die Hand fixiert werden?

Bei der Sehnenwahl stehen die drei Handstrecker zur Verfügung. Für die Bewertung dieser Muskeln gelten die oben angestellten Überlegungen (S. 61) auch bei der Tenodese: die Sehne des M. ext. carpi rad. brevis ist also die wichtigste und muß daher vor allem für die Tenodese eingesetzt werden.

"Wir haben also für die Tenodese heranzuziehen entweder den Extensor carpi rad. brevis allein oder, wenn die Hebung der Hand eine noch kräftigere und sicherere sein soll, den Extensor carpi rad. brevis gleichzeitig mit dem in extendierendem Sinne zusammenwirkenden Muskelpaar, Extensor carpi ulnaris und Extensor carpi rad. longus, also alle 3 Handstrecker." (PERTHES, 1918).

Wir können also festhalten, daß die Tenodese mit allen drei Handstrecker-Sehnen am zweckmäßigsten sein wird, da so eine Position ohne seitliche Abweichung gesichert ist und außerdem auf diese Weise eine möglichst große Sicherheit gegen die Gefahr des Nachgebens vorhanden ist. Dabei ist aber im Auge zu behalten, daß der Sehne des M. ext. carpi rad. brevis die entscheidende Bedeutung zukommt.

Um der Gefahr des Nachgebens zu begegnen, müssen die Sehnen möglichst fest am Knochen befestigt werden. Die bislang "sicherste Tenodese" (GELDMACHER, 1969) ist dabei zweifellos die klassische PERTHES-Technik:

PERTHES (1918) bohrte einen Knochenkanal durch die Radius-

epiphyse "höchstens 3 cm oberhalb der Spitze des Proc. styloideus radii". Das Bohrloch muß weit distal liegen, um die Sehnenstrecke möglichst k u r z zu halten: Schuld am Nachgeben der Tenodese ist die Dehnung der zum Ligament gewordenen Sehne; diese Dehnung ist umso größer, je länger die Sehnenstrecke ist. - Durch den Knochenkanal wird die Sehne des kurzen radialen Handstreckers nach Durchtrennung hindurchgezogen und bis zum Lig. carpi dors. zurückgeleitet, so daß die Belastung auf die doppelte Sehnendicke trifft. PERTHES vernäht die M.-ext.-carpi-rad.-brevis-Sehne dann schlingenförmig in sich selbst, aber erst nach der Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris auf die Fingerstrecker, um dabei die Spannung dosieren zu können; und heftet zusätzlich zur Absicherung die Sehnen von M. ext. carpi rad. longus und M. ext. carpi ulnaris am Radius- bzw. Ulna-Periost an. Nach PERTHES soll der Knochenkanal hinreichend groß dimensioniert werden (Durchmesser 6 - 7 mm). Dies und die distale Lage des Kanals ließen zuweilen die "Gefahr zur Fraktur an der Bohrstelle" (MOSEBACH, zit. bei WITT, 1947) befürchten; diese Gefahr ist jedoch nach WITT (ibd.) nicht ernstzunehmen. WITT machte ferner darauf aufmerksam, daß das Ende der Sehne des M. ext. carpi rad. brevis nach Durchziehen durch den transossären Kanal auf der ~~Ulna~~gewandten Seite des Radius schlingenförmig in sich selbst zu vernähen ist, damit es nicht zu einem Hindernis für die Sehnennastemose werden kann.

SAIKKU (1947) befand bei seinen sehr genauen und kritischen Untersuchungen die Tenodese nach PERTHES - obzwar mit einer gewissen Mißerfolgsrate behaftet - für zweifelsfrei besser und sicherer als eine lediglich periostale Anheftung ohne Knochenkanal.

Die periostale Anheftung hat BAUER (1946) mit seiner "Brems-tenodese" noch radikaler vereinfacht: er benutzt nicht die Handstrecker, sondern den M. ext. digit. communis zur Tenodese. Dessen Sehnen werden durchtrennt, die distalen Stümpfe mit dem Kraftapender vereinigt und die proximalen Stümpfe als "Tenodese" an das Lig. carpi dors. geheftet. Diese Bremsstenodese ist aber, wie von KÜHNIG (1947) bewiesen wurde, wenig funktions-

tüchtig und wurde auch von BAUER später wieder aufgegeben.

Wenn eine Tenodese indiziert ist, so bleibt nach dem Gesagten nur übrig, zur klassischen Technik von PERTHES zurückzukehren.

Welcher Grad an Dorsalflexion des Handgelenks soll mit der Tenodese eingestellt werden?

Da bekanntlich immer mit einem geringfügigen Nachgeben zu rechnen ist, empfiehlt es sich, die Tenodese in einer ca. 10° relativ zur gewünschten Position "überkorrigierten Stellung vorzunehmen (PERTHES, 1918). Eine zu starke Dorsalflexion ist jedoch abzulehnen, da sie die Fingerstreckung zu sehr behindert. Ein weiteres Argument gegen eine zu starke Überstreckung stellt nach PERTHES die Tatsache dar, daß die wieder aktivierten Daumenmuskeln M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis am wirkungsvollsten bei leicht gebeugtem Handgelenk arbeiten können und die maximale Daumenabduktion mit dem Grad an Streckung im Handgelenks abnimmt.

Nach UITT (1947) sollte grundsätzlich die geplante Tenodese vor der Operation mit dem Patienten besprochen werden und der Grad an Dorsalflexion dann individuell variierend auf den Beruf abgestimmt werden.

PERTHES (1918) bemmaß den Grad an Überstreckung aus z.g. Gründen möglichst klein, aber für einen kräftigen Faustschluß ausreichend, und schlug 20° als Richtwert vor. Wenn eine besonders gute Schreibfunktion wichtig ist, so sollte man eine etwas stärkere Streckstellung wählen (ca. 30°).

4.) Zusammenfassung - Indikation der Tenodese:

Die bereits skizzierten Unterschiede zwischen deutschsprachiger und angelsächsischer Literatur bringen es mit sich, daß nicht nur die Diskussion um die Tenodese fast ausschließlich in Deutschland geführt wird, sondern daß viele Autor in dieser Diskussion auch von einem verengten Standpunkt ausgehen: Als Alternative zur Tenodese wird nur die Zugs-Sehnen-Plastik (typisch etwa von HASS, 1919) angegeben, m.e.M. "Teil-PERTHES" oder "Voll-PERTHES", und so manches Argument ist auf diese Alternative hin zu relativieren! Dabei Über-

sieht man allzuoft, daß nach heutigem Stand der Dinge der "Teil-PERTHES" eher auf Fälle mit tiefer Radialisläsion zu beschränken ist und die tatsächliche Alternative viel mehr lauten muß: Tenodese oder Dritter Kraftspender : M. pronator teres für die radialen Handstrecker. Und bei dieser Alternative geht die Tendenz dahin, die Tenodese nur noch auf bestimmte Ausnahme-Indikationen zu beschränken. Denn im Allgemeinen gilt: "Dynamische Lösungen sind Tenodesen oder Arthrodesen vorzuziehen." (GELDMACHER, 1981).

Gestützt wird diese Tendenz u. a. durch die detaillierten Untersuchungen SAIKKUs (1947), der genau diese beiden Möglichkeiten Tenodese oder "Pronator-Operation" in ihren praktischen Resultaten am Patienten vergleicht und dabei der Methode mit dem Dritten Spender den Vorzug gibt. Die folgende Tabelle 5 zeigt die Resultate SAIKKUs bezüglich der Groben Kraft des Faustschlusses bei insgesamt 90 Patienten, aufgeschlüsselt nach den drei möglichen Methoden "Teil-PERTHES", "Voll-PERTHES" mit Tenodese und "Dritter Spender".

<u>Tabelle 5 : Ergebnisse von SAIKKU (1947) bezüglich der Groben Kraft bei verschiedenen Methoden.</u>				
Methode:	Gesamtzahl der Fälle = 100 %	Grobe Kraft relativ zur gesund. Hand		
		$\frac{1}{2}$ o. mehr	$\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$	weniger als $\frac{1}{4}$
Ohne Tenodese ("Teil-PERTHES")	6	--	--	6 = 100 %
Mit Tenodese ("Voll-PERTHES")	26	4 = 15 %	13 = 50 %	9 = 35 %
"Pronator-Operation"	58	9 = 16 %	30 = 52 %	19 = 33 %

Das insgesamt beste Resultat bezügl. der Kraft (77 % der gesunden Hand) erreichte SAIKKU allerdings mit einer Tenodese.

Die Tabelle zeigt überzeugend, daß die Grobe Kraft durch Tenodese wie durch Verpflanzung des M. pronator teres auf die radialen Handstrecker in etwa gleichgutem Maße wiederhergestellt wird.

Wesentliches Kriterium bei der Indikationsstellung der Tenodese muß der Beruf des Patienten sein (VULPIUS). Die Frage der Tenodese ist also *i n d i v i d u e l l* zu entscheiden, dabei lassen sich aber folgende Richtlinien angeben:

Indikation der Tenodese:

In folgenden Fällen erscheint die Handgelenksversteifung als Tenodese oder - im englischsprachigen Raum stattdessen weiter verbreitet - Arthrodese angezeigt:

- 1- Bei Schwerarbeitern: hier treten Belastungen auf, die nur durch Tenodese abgefangen werden können. In diesem Punkt herrscht relative Einigkeit (PERTHES, 1922, SAIKKU, 1947, ZENKER, 1948, SCHINK, 1967). Bei Schwerarbeitern besteht besonders WITT (1953) darauf, die Tenodese aufgrund seiner "wirklich großen Erfahrungen" unbedingt zu fordern. Die Gegenposition vertreten MARTINI und ZELLNER (1976): die Tenodese käme nur bei nicht ausreichender Kraftspender-Zahl in Frage, auch Schwerarbeiter brauchen sie nicht.
- 2- Noch weitergehende Übereinstimmung besteht darin, die Tenodese oder Arthrodese in Fällen unzureichender Zahl aktiver Kraftspender zu indizieren (MIGST, 1972, STEINOLLER, 1939). Eine Situation, in der zu wenig einsetzbare Kraftspender verfügbar sind, ist insbesondere bei irreparablen Läsionen von mehr als einem Nerven der Hand gegeben: bei derart kombinierten Lähmungen befürworten SUMMELL (1958), SCHINK (1967), BROCKS (1949) und MERLE D'AUDIGNE (1953) eine Tenodese. Hierbei kommt das Prinzip M. LANGEs in Anwendung, Gelenke 2. Ordnung zu versteifen um Muskelmaterial für Gelenke 1. Ordnung zu gewinnen.
- 3- Drittens ist die Handgelenksversteifung angezeigt, wenn

dynamische Lösungen nicht oder nicht ausreichend möglich sind. Das ist bei ungünstigen lokalen Verhältnissen in Form von ausgedehnten Narbenbildungen (NIGST, 1972) oder traumatischer Arthritis (GOLDNER, 1974) der Fall.

- 4- Einige angelsächsische Autoren (ABBOTT, 1944, LUCKEY und PETERSON, 1947) unternehmen eine Arthrodese erst in zweiter Sitzung, nämlich dann, wenn die ursprüngliche reine Sehnenplastik insuffiziente Resultate bringt.
- 5- Bei "Übermäßig gelockertem und Überdehntem" Handgelenk sowie bei ausgedehnten Lähmungen infolge Poliomyelitis ist nach HOFFMANN (1949) eine Tenodese angezeigt.
- 6- Bei "unkorrigierbarer deformier Gelenkstellung" bevorzugt SCHINK (1967) wieder die Arthrodese.
- 7- In Fällen mit bereits langdauernder Lähmung sowie bei ungewöhnlich schwachen Spendermuskeln sieht TERTSCH (1970) die Indikation entweder für eine Tenodese oder für den Einsatz eines dritten Spenders gegeben.

Kontraindikation der Tenodese:

In mehreren Arbeiten (1947, 1953, 1958) hat WITT Situationen beschrieben, in denen eine Handgelenksversteifung nicht angezeigt ist. Diese Kontraindikationen von WITT haben weitgehend Zustimmung gefunden.

Dennach ist die Tenodese nicht auszuführen, wenn:

- 1- bei tiefer Radialisläsion die radialen Handstrecker noch erhalten sind;
- 2- Bewegungseinschränkungen im Schulter- und besonders im Ellenbogengelenk vorliegen, da dann Beweglichkeit im Handgelenk von größerer Wichtigkeit ist;
- 3- der Patient ausdrücklich eine Tenodese ablehnt;
- 4- der Beruf des Patienten die Handbeugstellung erfordert;
- 5- Kontrakturen oder Ankylosen im Handgelenk bestehen, so daß eine Fallhand sowieso nicht gegeben ist;
- 6- Überaus kräftige, evtl. durch Vorbehandlung gestärkte

Kraftspender zur Verfügung stehen (vgl. auch HOCHMANN, 1949) dann könne sowohl auf die Tenodese, wie auch auf den dritten Spender verzichtet werden.

Ferner sollte man nach M. LANGE (1951) bei Jugendlichen wegen zu geringer Festigkeit der Sehnen und bei bereits lange Zeit bestehenden Lähmungen mit dem Entschluß zur Tenodese zurückhaltend sein.

Die Frage der Indikation der Tenodese wird von WITT (1953) zusammengefaßt:

"Wir selbst sind der Meinung, daß es nicht heißen darf 'mit oder ohne' (sc. Tenodese), sondern, daß es für beide Verfahren auch eigene Indikationen gibt. Diese sind von Fall zu Fall zu prüfen. Sie hängen ab von den vorhandenen Ersatzmuskeln und dann vor allem vom 'Beruf' ."

VI.) TECHNIK DER RADIALISERSATZOPERATION .

Nachdem in den voranstehenden Kapiteln Fragen der Indikationsstellung einer Radialisersatzplastik und der Auswahl geeigneter Kraftspender diskutiert wurden, soll nun auf die technische Durchführung der Ersatzoperation eingegangen werden. Die Technik der Tenodese ist bereits - vgl. S. 91 - ausführlich dargestellt.

1.) Voraussetzungen und Vorbereitungen - Allgemeine Technik:

Selbstverständliche Voraussetzungen für eine Ersatzoperation sind: exakte Diagnose und Indikationsstellung, Beseitigung von Kontrakturen oder störendem Narbengewebe durch gegebenenfalls erforderliche Vorbehandlung und Operieren unter Asepsis und mit atraumatischer Technik.

Nach Ansicht der meisten Autoren spielt es keine Rolle, ob in Allgemeinnarkose oder unter hoher Oberarm-Leitungs- bzw. Plexus-Anästhesie operiert wird. WITT (1948) bevorzugte die Leitungsanästhesie. SHOUKS (1949) und TERTSCH (1970) operieren lieber in Vollnarkose. SAIKKU (1947) richtet sich nach den Wünschen des Patienten. M. LANGE (1951) empfahl bei Kindern und Jugendlichen die Allgemeinnarkose, bei Erwachsenen dagegen die Leitungsanästhesie. Unsere Patienten wurden in der Regel unter Allgemeinnarkose operiert.

Größere Bedeutung wird der Frage der Blutleere beigemessen: auch hier sind zwei gegensätzliche Lager auszumachen.

LINDEMANN (1947) sprach sich gegen die Blutleere aus, und auch WITT (1948) lehnt sie "grundsätzlich" ab. Letzterer befürchtet bei Operationen unter pneumatischer Sperre Nachblutungen und außerdem eine gewisse Gefahr von Drucklähmungen. Nach BLESALSKI (1916) ist die Operation ohne Blutleere die beste Methode, um Blutungen und reaktive Hyperämie zu vermeiden. Diese Methode erfordert jedoch ausgezeichnete Kenntnisse in der Gefäßversorgung, eine bestens geschulte Assistenz und sei oft undurchführbar, da die Operationsdauer dadurch zu sehr verlängert würde. Im allgemeinen solle daher doch unter Blut-

leere operiert werden.

Die heute allgemein Überwiegende Meinung spricht sich auch f ü r die Blutleere aus (SCUDERI, 1949, BAUER, 1946, SCHINK, 1967, GELDMACHER, 1969, MÜLLER, 1951, NIGST, 1955).

Die Vorteile der Blutleere bestehen in

- bester Übersicht,
- schonendem Vorgehen, z.B. Vermeiden von Traumatisierungen durch Abtupfen,
- Zeitersparnis.

Die Blutleere sollte nach Übereinstimmender Ansicht (ALTMAN und TRÖT, 1946, SCUDERI, 1949, M. LANGE, 1951,) unter 250 - 300 mm Hg angelegt werden.

Wichtig ist eine sorgfältige Blutstillung - Entfernung der Blutleere v o r Wundverschluß - und das Einlegen von REDON-Saugdrainagen. In dieser Weise wurden auch unsere Patienten operiert.

2.) Aufklärung der Schnittführung:

In der Anfangszeit der Radialisersatzplastik bestand die klassische Schnittführung aus drei Inzisionen: zwei volar, einer dorsal, jede ca. 14 cm lang:

- volar über der Sehne des M. flexor carpi ulnaris, über dem Os pisiforme beginnend entlang der Ulna nach proximal;
- volar über und entlang der M. flexor-carpi-radialis - Sehne vom unteren Radiusende medial der A. radialis aufsteigend;
- dorsal median, beginnend in der Verbindungslinie der beiden Proc. styloidei (vgl. SCHÖCH, 1951).

Diese typische Schnittführung findet sich so oder ähnlich bei FRANKE (1938), PERTHES (1918), LEXER (1919/20), HASS (1919), HOHMANN (1949), LINDEMANN (1947).

Auch SAIKKU (1947) operierte erst mit drei Schnitten, erkannte aber später, daß nur ein genügend großer Schnitt auf der Volarseite ebenfalls ausreicht. Der dorsale Schnitt soll dann für die Auslösung des M. pronator teres an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Unterarmdrittel um ca. 2 cm nach radial abbiegen.

Durch die Reduzierung auf nunmehr nur noch zwei Inzisionen

(CAMITZ, 1934, M. LANGE, 1951, TERTSCH, 1970, u.a.) wurde die ursprüngliche Operationstechnik vereinfacht. Nach WITT (1948) soll dabei der volare Schnitt mehr ulnar, der dorsale eher radialwärts angelegt werden.

Ähnlich verfahren LAMPHIER und LITTLE (1947), die einen dorsalen C-Schnitt (Konvexität radial) und einen volaren L-Schnitt (lange Kante ulnar) benutzten. BROOKS (1948) dagegen operierte mit der praktisch umgekehrten Methode: volarer ulnar konvexer C-Schnitt, dorsale J-Inzision mit langem Arm radial, vgl. auch ABBOTT (1944).

Gut erkennbar ist hier das unabhängig von den Details der Schnittführung gemeinsame Prinzip, b o g e n f ö r m i g e Inzisionen anzulegen. Die bogenförmige Schnittführung hat den Sinn, ein Übereinanderliegen von Sehnen- und Hautnähten und damit die Möglichkeit einer en-bloc-Marbenbildung zu verhindern (GELDMACHER, 1981). Diesem Prinzip folgend gab SCHINK (1967) folgende Methode an: dorsal eine wellenförmige S-Inzision, volar ein L-förmiger Schnitt. Diese Schnittführung, die auch von MARTINI und ZELLNER (1976) so benutzt wird, fand bei unseren Patienten Anwendung.

Im Gegensatz zum heute vorherrschenden Grundsatz weniger langer bogenförmiger Schnitte propagierten einige Autoren besonders im englischsprachigen Bereich Verfahren mit zahlreichen kurzen bis sehr kurzen Hautschnitten: so lehnten ALTMAN und TROTT (1946) lange gebogene Schnitte wegen der Gefahr postoperativer Ödeme und Nekrosen an der Ecke des "L" ab. Stattdessen legten sie auf der Beugeseite vier nur ca. 1,5 cm große quere Inzisionen über dem ulnaren und radialen Handbeuger an: von den zwei distalen Schnitten aus wurden die Spendermuskeln am Ansatz abgetrennt, dann durch die beiden 10 cm weiter proximal lokalisierten Schnitte jeweils hindurch nach außen gezogen. Nach Bohren von subcutanen Tunneln wurden die Spender dann mit einer von dorsal zu den proximalen volaren Schnitten hin geführten Klemme gefaßt und auf die Streckseite durchgezogen. Wegen geringer Vernarbung und Vermeidung befürchteter Hautnekrosen verteidigten auch YOUNG und LOWE (1947) und in Deutschland HERBIG (1948) diese Methode der "vielen kurzen In-

zisionen". Letzterer entwickelte sogar ein spezielles Instrument ("Sehnenstripper") zum Auslösen der unter der Haut optisch nicht erkennbaren Sehnen.

Trotz der genannten Vorteile, u.a. auch bessere Ästhetik und günstigere Wundheilung, wird das Konzept der kurzen "Knopflochschnitte" wegen schwerwiegender Nachteile heute weitgehend abgelehnt. An anderer Stelle verweise ich auf das sehr wichtige Prinzip einer geradlinigen Überführung der Kraftspender auf die Streckseite (vgl. S. 55). Dies erfordert ein möglichst weites Auslösen der Muskeln und vor allem gute Übung, um mögliche "Knicke" bei der Überführung zu vermeiden. Daher muß man zwangsläufig großzügige lange Inzisionen verwenden. (KÜNNE, 1920, STEINDLER, 1939, ABBOTT, 1944). Auch WITT (1948) lehnte die "Knopflochschnitte" und die durch sie bedingte Technik ab:

"Das 'Harumstochern' in den chirurgischen 'Hautlöchern' läßt eine schonende und in guter Richtung liegende Mobilisation schlecht zu."

3.) Überführung der Kraftspender:

Unbestritten ist die Forderung, die von der Beugeseite verpflanzten Kraftspender möglichst weit nach proximal auszulösen, um sie weitgehend geradlinig ohne Knicks zur Streckseite verlaufen zu lassen und dort mit möglichst günstiger Zugrichtung mit den Empfängersehnen zu verbinden.

Das Auslösen hat dabei nicht in Form einer anatomischen Präparation zu erfolgen, man sollte im Gegenteil darauf achten, möglichst viel umgebendes Gleitgewebe "mitzunehmen" (STEINDLER, 1939; SAIKKU, 1947).

Dabei ist als Grundregel festzuhalten, die freigelegten Sehnen und Muskeln so schonend wie irgend möglich zu behandeln. Man sollte sich auch davor hüten, die zu verpflanzenden Sehnen bzw. Muskel zu verdrehen.

Im Einzelnen gestaltet sich das Auslösen der Spender je nach den anatomischen Besonderheiten der jeweiligen Muskel verschieden schwierig, vgl. hierzu die detaillierte Beschreibung der einzelnen Kraftspender (S. 62).

Die Mobilisation des M. flexor carpi radialis und des M. palmaris longus bereitet beispielsweise keine Schwierigkeiten, wohl aber die Auslösung des M. flexor carpi ulnaris: nach Abtrennen der Sehne direkt am Os pisiforme muß ein beträchtlicher Teil der weit nach distal reichenden Muskulatur mit abgelöst werden; außerdem sind einige distal eintretende Gefäße zu unterbinden. Trotz oder gerade wegen dieser Schwierigkeiten betonen die allermeisten Autoren gerade beim M. flexor carpi ulnaris die Wichtigkeit einer hinreichend weiten Auslösung: 10 bis 12 cm nach PERTHES (1918), SAIKKU (1947) und ABBOTT (1944); immerhin noch 8 cm nach SCUDERI (1949). Die genannten anatomischen Probleme ließen es bei einem unserer Fälle (Nr. 11, S. 202) angeraten erscheinen, auf den ulnaren Beuger als Spender ganz zu verzichten.

In der Regel aber hat sich der M. flexor carpi ulnaris als Standard-Kraftspender bei sehr vielen Methoden glänzend bewährt: die komplizierte Mobilisation und die Unterbrechung einiger Gefäße werden offenbar ohne Schaden vertragen.

Technisch am schwierigsten gestaltet sich die Auslösung des M. pronator teres wegen seiner sehr kurzen flächenhaften Sehne (vgl. S. 65). Es ist sehr sorgfältig darauf zu achten, den M. pronator teres v o l l s t ä n d i g mit dem Periost von seiner Insertion abzutrennen; SAIKKU (1947) berichtet über drei Fälle, bei denen eine vollständige Ablösung nicht erfolgte und sich dann bei der Nachuntersuchung Adhäsionen zeigten, die eine Volarflexion der Hand unmöglich machten.

4.) Überführung der Kraftspender :

Unterschiedliche Auffassungen - gerade auch in neuerer Zeit - bestehen bezüglich des Weges der Überführung der volaren Kraftspender auf die Streckseite: außen subkutan um Radius bzw. Ulna herum oder durch das Spat. interosseum ?

Die Technik der Umleitung "um den Knochen" ist relativ einfach: der Spender wird volar möglichst weit ausgelöst, durch einen Subkutan-Tunnel von der Streckseite her mit einer Klemme gefaßt und um Radius oder Ulna nach dorsal durchgezogen.

Die Technik des Weges durch das Spat. interosseum gestal-

tet sich wie folgt: der Kraftspender wird proximal des M. pronator quadratus durch den Zwischenraum der Unterarmknochen geführt. Dabei ist die Membr. interossea an dieser Stelle weit zu spalten, um Einschnürungen zu vermeiden. Ebenso sollte man den M. pronator quadratus einkerben. Diese Technik wurde 1918 von PERTHES und auch noch 1974 von GOLDNER so beschrieben.

Für eine Verpflanzung durch das Spat. interosseum sprachen sich früher u.a. AXHAUSEN (1916) und MANASSE (1917), in jüngerer Zeit CHUINARD et al. (1978) und BUCK-GRAMCKO (1973) aus. Die Vorteile dieses Verfahrens liegen im geradlinigeren Verlauf, während die Umleitung um Radius/Ulna eine stärkere Krümmung bedingt und zusätzlich ein weiteres Auslösen der Spender erfordert - vgl. SPITZY (1918) und SUDÉCK (1943). Neben der Ersparnis an Weglänge erzielt man außerdem bessere kosmetische Resultate: keine seitlichen "Buckel" (GESSNER und RIEDEL, 1917). CHUINARD et al. (1978) haben auch den jüngst erhobenen Einwänden möglicher Nervenkompression bei der Überführung durch das Spat. interosseum widersprochen: wenn die hierfür vorgesehenen Muskelbäuche des M. flexor digit. superficialis "weit nach proximal getrennt werden", dann sei eine Medianuskompression nicht zu befürchten.

Demgegenüber bestehen etliche Vorbehalte gegen eine Verpflanzung durch den Zwischenknochenraum: Hauptargument ist die Gefahr von Adhäsionen und Verwachsungen, die im Spat. interosseum besonders groß sein soll; aus diesem Grunde lehnen BONOLA (1936), STEINDLER (1939), M. LANGE (1951) und WITT (1953) dieses Verfahren ab. WITT hat außerdem darauf hingewiesen, daß die Verwachsungsgefahr besonders groß wird, wenn man zwei oder gar mehr Sehnen durch das Spat. interosseum führt.

Obwohl die Verpflanzung durch den Zwischenknochenraum gerade in den letzten Jahren oft propagiert wird, ist die Idee sehr alt: schon 1898 erwogen, aber als "Überflüssige Künstelei" abgelehnt. In ähnlicher Weise hielt STOFFEL (1919) den Weg durch das Spat. interosseum für "unnatürlich und unphysiologisch." - HASS (1919) befand die Überführung zwischen Radius und Ulna hindurch nach Leichenversuchen für ungeeignet, da sich die Spendermuskeln durch eine zu enge Lücke zwängen müßten, außerdem bringe z.B. der Weg des M. fle-

xor carpi ulnaris außen um die Elle herum den Vorteil zusätzlicher Supinationswirkung.

BAISCH (1919), PERTHES (1918) und SAIKKU (1947) schließlich stellten fest, daß die Überleitung durch das Spat. interosseum - wenn auch nach PERTHES keineswegs mit signifikant schlechteren Resultaten behaftet - so doch auf keinen Fall bessere Erfolge liefert als die Überführung außen um Radius/Ulna, dafür aber wesentlich komplizierter in der technischen Durchführung ist.

THOMSEN und BANG-RASMUSSEN (1971) fanden in 2 Fällen nach Verpflanzung des oberflächl. Fingerbeugers durch das Spat. interosseum eine Medianuskompression. WINTSCH (zit. bei BUCK-GRAMCKO, 1973) berichtet ebenfalls über 2 Fälle von Nervenschädigung, hier allerdings den N. ulnaris betreffend nach Überführung des M. flexor carpi ulnaris durch den Zwischenknochenraum.

Zusammenfassung:

F ü r eine Verpflanzung durch das Spat. interosseum sprechen:

- geradliniger Verlauf und günstigere Zugrichtung,
- kürzere Wegstrecke,
- bessere Ästhetik.

G e g e n dieses Verfahren wird hauptsächlich eingewendet:

- Verwachsungsgefahr,
- Risiko der Kompression des N. ulnaris oder N. medianus
- schwierigere Technik bei nicht signifikant besseren Resultaten.

Wenn auch die Verpflanzung durch das Spat. interosseum in letzter Zeit häufiger vorgeschlagen wird (etwa BUCK-GRAMCKO, 1973), so bedient sich doch die Mehrheit der Autoren des Wegs außen um Radius und Ulna herum. Eine Entscheidung in dieser Streitfrage kann hier nicht gefällt werden, wir müssen uns vorläufig darauf beschränken, beide Methoden zur Auswahl anzubieten.

5.) Vernähen der Sehnen:

Die Vereinigung von Spender- und Empfängersehnen ist an fol-

genden Grundsätzen orientiert:

- 1- Stabile und möglichst sichere Verankerung;
- 2- möglichst geradlinige Zugrichtung unter Beibehaltung der ursprünglichen Wirkungslinie des Empfängers;
- 3- Vermeidung von Gleithindernissen und Adhäsionen.

Der zweite Grundsatz legt nahe, die Vereinigung der Sehnen so weit distal wie möglich zu suchen (SCUDERI, 1949, GOLDNER, 1974). Der dritte Grundsatz umfaßt die Forderung, Haut- und Sehnennähte nicht übereinander liegen zu lassen und ganz allgemein die Strukturen so schonend wie möglich zu behandeln.

Zur Erreichung dieser drei Prinzipien wurde eine Reihe von verschiedenen Vereinigungs-Techniken vorgeschlagen, die sich jedoch im Rahmen dieser Arbeit auf zwei wichtige und meist-gebräuchliche Methoden reduzieren lassen: die End-zu-Seit-Verbindung ("Knopfloch-Technik") und die End-zu-End-Naht.

Die End-zu-Seit- Methode war lange Zeit das gebräuchlichste Verfahren und wird erst in neuerer Zeit eher zögernd der End-zu-End- Naht untergeordnet. Die Knopfloch-Technik geht auf VULPIUS (1903) zurück, er wollte

"... den Kraftspender durch einen Schlitz in der im Übrigen intact gelassenen Sehne des Kraftempfängers durchziehen und diese Position durch eine Reihe von Nähten fixieren."

Die Knopfloch-Technik empfahl sich besonders für die Vereinigung des Kraftspenders M. flexor carpi ulnaris mit den einzelnen Sehnen des M. ext. digit. communis. HOHMANN (1919) arbeitete diese Technik weiter aus, er führte den Spender

"... schräg in einem von zentral nach peripher verlaufenden Schlitz durch die Sehnen der zusammengefaßten (Empfänger-) Gruppe hindurch."

Vgl. hierzu auch die Abb. 6 u. 7.

Dabei ist es besonders wichtig, daß der Empfänger nicht - wie bei der recht komplizierten PERTHES-Technik - durchtrennt, sondern intakt gelassen wird.

Die Knopflochmethode vertraten (z.T. mit einigen ins Detail gehenden Abweichungen von der skizzierten Technik) unter anderen folgende Autoren: LAMPHIER und LITTLE (1947), SAIKKU

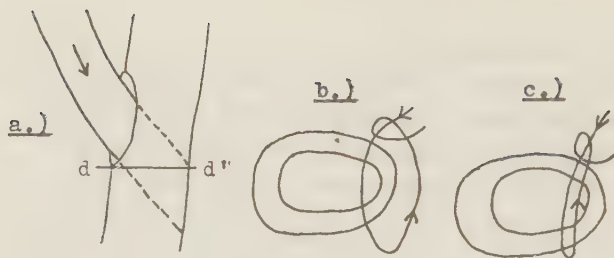


Abb. 6 : (nach HOHMANN, 1919)

"Knopfloch-Technik" nach HOHMANN:

- a.) : Schlitzzuführung, die Spendersehne strahlt schräg ein.
In b.) und c.) ist die Querschnittsfläche dd' gezeigt.
- b.) : Querschnitt: ungünstige Durchführung und Knotung des Fadens: der große und im Knoten liegende Sehnenabschnitt wird abgeschnürt.
- c.) : Querschnitt: durch sofortiges Wiedereinstecken der Nadel wird nur ein geringer Teil der Sehnen abgeschnürt.

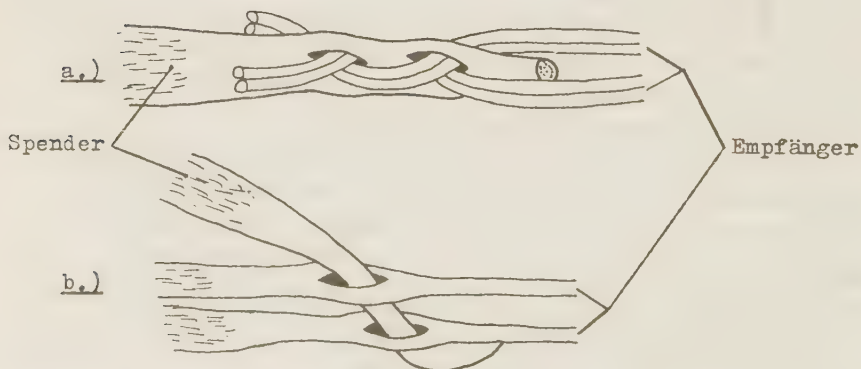


Abb. 7 : (mod. nach SAIKKU, 1947)

- a.) PERTHES-Technik: Die Empfängersehnen werden paarweise in die zweifach geschlitzte Spendersehne eingeflochten.
- b.) Typische "End-zu-Seit"- Technik ("Knopfloch"): Die Empfängersehnen werden geschlitzt, aber nicht durchtrennt (!). Beachte: eine Spendersehne wird schräg durch mehrere Empfänger geführt.

(1947), LINDEMANN (1947), WITT (1947), SCHIEWE et al. (1971), HIEBLER (1976).

Die Vorteile der End-zu-Seit- Naht werden von diesen Autoren wie folgt beschrieben:

- Intakt-Lassen des Empfänger: beim End-zu-End- Verfahren müßte die Empfängersehne durchtrennt werden, was sich bei einer möglichen Regeneration der Nerven-Funktion nachteilig auswirkt.
- Sehr sichere und stabile Befestigungstechnik.
- Dadurch Ermöglichung frühzeitiger postoperativer Anspann- und Bewegungsübungen, was entscheidend zur Vermeidung von Verwachsungen beitrage (WITT, 1947); im Gegensatz zur End-zu-End- Naht, die derartige Belastungen nicht aushalte.
- Problemlose Versorgung mehrer Empfängersehnen mit einem Kraftspender.

Trotz dieser genannten Vorteile gibt man heute meist dem End-zu-End- Verfahren den Vorzug. Aber schon HASS (1919) wendete sich gegen die Knopfloch-Technik, da sie neben der möglichen Schädigung der graziilen Strecksehnen durch die Schlitzze vor allem einen ungünstigen Winkel und damit eine zu geringe Anheftungsfläche an der Vereinigungsstelle Spender-Empfänger bedingt. Die weiteren Nachteile der Knopfloch-Methode sind:

- keine geradlinige Zugrichtung, da der Spender - wie z.B. von SCUDERI (1949) beschrieben - im 45° - Winkel in den Empfänger einstrahlt.
- schlechtere Gleitfähigkeit (NIGST, 1975, BUCK-GRAMCKE, 1973) also größere Neigung zu Adhäsionen als bei der End-zu-End- Naht.

Aus diesen Gründen sprachen sich auch MARTINI und ZELLNER (1976) und THOMSEN und BANG-RASMUSSEN (1971) für die End-zu-End -Vereinigung aus.

Am entschiedensten wurde das End-zu-End- Verfahren von MC-BERG und NACHEMSON (1967) propagiert, die folgende Technik vor-

schlugen:

- a.) Durchtrennung der Empfängersehnen und Resektion eines Stückes von ca. 4-5 cm Länge. Das Intakt-Lassen der Empfänger bringt nur Nachteile, weil dann dem Spender der unmöglich zu leistende Kraftaufwand abgefordert werde, bei jeder Kontraktion den gelähmten Sehnen-Muskel-Apparat des Empfängers mit zu komprimieren.
- b.) End-zu-End- Naht zwischen Spender- und Empfänger.
- c.) Eröffnung der Sehnenscheiden im Lig. carpi dors., um ischämische Nekrosen in diesen "engen Tunneln" als Folge postoperativer Ödeme zu vermeiden.

Die bevorzugte Anwendung der End-zu-End- Naht hat allerdings auch Grenzen, wenn z.B. noch eine Restfunktion erhalten ist oder wenn eine Spendersehne auf mehrere Empfänger verpflanzt werden soll (SAIKKU, 1947, NIGST, 1975). Deshalb praktizieren beispielsweise MARTINI und ZELLNER (1976) bei der Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris auf die einzelnen Fingerstrecksehnen die alte End-zu-Seit- Methode, ansonsten aber die End-zu-End- Technik.

Die heute wohl am meisten verbreitete Ansicht wurde von GELDMACHER (1969, 1981) zusammengefaßt: Die End-zu-End- Vereinigung ist wirkungsvoller als die End-zu-Seit- Technik. Deshalb ist bei kompletten Lähmungen, bei Atrophie oder fibrotischer Degeneration - wenn also keine Aussicht auf Restfunktion besteht - die End-zu-End- Naht vorzuziehen. Bei bestehen einer solchen Restfunktion oder Aussicht auf Wiederkehr einer solchen empfiehlt sich dagegen die End-zu-Seit- Methode ohne Durchtrennung der Empfänger.

6.) Spannungszustand der Sehnennähte:

Abgesehen vom Spannungsniveau an sich - das in der Literatur umstritten ist - herrscht jedenfalls insoweit Einigkeit, daß bei der Vernähung eines Kraftspenders mit mehreren Empfängern alle Sehnennähte unter der g l e i c h e n Spannung gelegt werden müssen: wenn dies z.B. bei der Einflech-

tung der M. flexor-carpi-ulnaris-Sehne in die Sehnen der Fingerstrecker nicht ganz erreicht wird, ergibt sich im Resultat eine bei dem einen oder anderen Finger unvollständige Streckfähigkeit. Nach HLEBLER (1976) kann eine zunächst nicht exakte Spannungsbemessung dann durch eine zusätzliche "Raffnaht im distalen Bereich" korrigiert werden.

Bis etwa in die Zeit des I. Weltkrieges hinein herrschte allgemein die Ansicht vor, die Spannung sei möglichst stark zu wählen (FRANKL, 1898, HOFFA, 1925, F. LANGE, 1900, FISCHER, 1915).

Später vertraten noch LINDEMANN (1947) und sogar noch 1973 BARION diese Meinung.

Man war der Ansicht, der verpflanzte Kraftspender würde sich mit der Zeit dehnen und so das Ergebnis verschlechtern.

Schon VULPIUS wich aber 1903 von der "starken Spannung" ab und empfahl eine "mittlere Spannung": zu große Anspannung bewirke Muskelschädigung durch Störung der Blutzirkulation und behindere die Beugung; die Vernähung soll so erfolgen, daß das Gelenk etwa in Neutralstellung gehalten wird. Die am Ansatz durchtrennte Spendersehne retrahiert und erfährt so eine überproportionale Verkürzung: daher ist eine gewisse Spannung erforderlich, um die ursprüngliche Länge wiederherzustellen (HASS, 1919; STEINDLER, 1947).

Im Gegensatz dazu verlangt die heute vorherrschende Technik eine Vereinigung der Sehnen bei Hyperextensionsstellung und unter nur ganz g e r i n g e r gleichmäßiger Spannung.

Diese Ansicht geht zurück auf BLESALSKI (1916), PERIHES (1918) und besonders STOFFEL (1919), der eine Vereinigung unter "physiologischer Spannung", d.h. Null bei maximaler Annäherung von Ursprung und Insertion, forderte. Mit dieser Technik erzielt man eine bessere Funktion als bei zu starker Spannung, behindert die Beugung nicht und vermeidet eine Muskelschädigung durch Kompression der Blutgefäße.

JONES (zit. bei STARR, 1922) und BILLINGTON (1922) traten ebenfalls für eine nur leichte Spannung ein, ebenso später

WILMS und GULEKE (1927), SAIKKU (1947) und BUCK-GRAMCKO (1973).

Für die Verpflanzung des ~~M.~~pronator teres auf die Handstrecke empfahl GOLDNER (1974), die Spannung so einzustellen, daß das Handgelenk in 10° Dorsalflexion stehenbleibt.

7.) Zusammenfassung: Operationstechnik:

Über einstimmend mit den heute weitgehend anerkannten Grundsätzen gestaltet sich unsere Operationstechnik wie folgt:

- a.) Nach gegebenenfalls erforderlicher Vorbehandlung erfolgt die Operation unter Allgemeinnarkose oder hoher Leitungsanästhesie und in Blutleere. Asepsis und atraumatische Technik sind selbstverständlich.
- b.) Zwecks besserer Übersicht und zur Erreichung der sehr wichtigen geradlinigen Überführung werden großzügige Hautschnitte angelegt, die - um ein Übereinanderliegen von Haut- und Sehnennähten zu verhindern - bogenförmig zu gestalten sind. Am besten: L-förmiger Schnitt volar, wellenförmiger Schnitt dorsal.
- c.) Die Auswahl der Kraftspender folgt den in den vorhergehenden Kapiteln genannten Überlegungen. Prinzipiell ist der Operationsplan auf die individuellen Gegebenheiten des jeweiligen Falles abzustimmen, man sollte sich vor "Schemata" hüten.
- d.) Das Auslösen der Kraftspender muß möglichst hoch hinauf erfolgen, um eine weitgehend geradlinige Überführung sicherzustellen.
- e.) Bei der Überführung der Spender bevorzugten wir im Allgemeinen den Weg um Radius- bzw. Ulnakante herum.
- f.) Beim Verbinden von Spender- und Empfängersehnen empfiehlt sich die wirkungsvollere End-zu-End- Vereinigung.
- g.) Die Sehnenanastomose wird geschlossen in Überstreckposition von Hand- und Fingergrundgelenken sowie bei Streckung und Abduktion des Daumens unter nur ganz leichter Spannung.

- h.) Vor dem Wundverschluß erfolgt sorgfältige Blutstillung und die Einlage von REDON-Drainagen.
- i.) Gipsfixation, wie im Kapitel "Nachbehandlung" (S. 114) beschrieben.

VII.) VORBEHANDLUNG.

Um die für eine Ersatzoperation günstigen bzw. notwendigen Voraussetzungen zu schaffen, empfiehlt sich eine von Fall zu Fall verschieden umfangreiche Vorbehandlung:

"Das Operationsgebiet muß frei von Infekten und Narben, das Skelett stabil, die Gelenke müssen beweglich sein. Eventuell können eine krankengymnastische, beschäftigungs-therapeutische, eine Behandlung mit Schienen oder vorbereitende Operationen die Ausgangssituation verbessern."
(GELOMACHER, 1981).

Zur Prophylaxe gegen Kontrakturen empfiehlt es sich, den Patienten während des oft relativ langen Zeitraumes zwischen Läsion und Ersatzoperation - währenddessen man z.B. konservative Behandlungen durchführt oder auf den Erfolg einer Nervenoperation hofft - eine Radialisschiene (vgl. S. 26) tragen zu lassen.

Ferner müssen einwandfreie Haut- und Narbenverhältnisse wiederhergestellt werden durch Narbenexcision oder gestielte Hautlappenplastik .

Die wichtigste Voraussetzung für eine Ersatzoperation ist eine ausreichende Schutzsensibilität. Diese ist wegen des vergleichsweise unbedeutenden sensiblen Versorgungsgebietes des N. radialis bei isolierten Lähmungen dieses Nerven noch vorhanden.

Ein weiterer Aspekt der Vorbehandlung ergibt sich aus der präoperativen Schulung und Übung der zu verpflanzenden Muskel: ein derartiges Training wurde von SAIKKU (1947), BLAUTH und KÜNIG (1973) und besonders WINTSCH (1972) vorgeschlagen: Wenn der Patient lernt, die zukünftigen Spender isoliert bei Entspannung der gesamten anderen Muskulatur zu kontrahieren, so wird das "Umlernen" nach der Ersatzoperation wesentlich erleichtert. Nach WINTSCH (ebd.) erreicht man durch derartige vorhergehende Übungen nebenbei auch eine gewisse Auslese, da die Ersatzoperation bei Patienten, welche eine derartige isolierte Kontraktion nicht erlernen können, "nicht erfolgversprechend erscheint."

Durch Training werden die Kraftspender außerdem gekräftigt und in die beste Verfassung für die Ersatzplastik gebracht. '

Während einer derartigen Vorbehandlung kann man sich auch vom Gesundungswillen, von der Motivation und der Mitarbeit des Patienten überzeugen, die ja eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg der Ersatzplastik darstellen.

VIII.) NACHBEHANDLUNG.

Unmittelbar im Anschluß an die Ersatzoperation wird die Hand durch Gipsfixation ruhiggestellt. Dabei sollen die Gelenke so stehen, daß die Sehnennähte möglichst entlastet werden, d.h.: Handgelenk in Überstreckung, fingergrundgelenke gestreckt, Daumen in Extensions- und Abduktionsstellung. Durch eine "gute Gipstechnik" (WITT, 1948) lassen sich auch postoperative Schwellungen zurückhalte.

Über dieses Prinzip der postoperativen Ruhigstellung besteht allgemeine Einigkeit, hingegen gibt es Differenzen über die Bemessung der Dauer der Gipsfixation: einerseits wäre es zur Vermeidung von Adhäsionen am besten, wenn möglichst frühzeitig mit Bewegungsübungen begonnen werden könnte. Auf der anderen Seite darf man die Sehnennähte nicht zu früh belasten, sondern muß genügend Zeit zur Verheilung gewähren. Nach DITTRICH (zit. bei SAIKKU, 1947) bedingt eine zu frühe Bewegungstherapie exzessive Kallusbildung, eine zu lange Ruhigstellung verzögert dagegen die Bindegewebs-Differenzierung.

Je nach dem, welchen der genannten Argumente mehr Gewicht zugemessen wird, gibt es Verfechter möglichst frühzeitiger Bewegungen (PERTHES, 1918, KRAUSE, 1920, ABBOTT, 1944). Sie empfehlen, mit Bewegungsübungen schon am zweiten oder gar ersten Tag nach der Operation zu beginnen und hierfür die Gipsschiene kurzzeitig abzunehmen.

Auf der anderen Seite steht STEINDLER (1939), der sich eindeutig gegen derart frühzeitige Bewegungen ausspricht. In diesem Sinne sind auch die bei SAIKKU (1947) zitierten Untersuchungen nach MASON und ALLEN zu interpretieren:

MASON und ALLEN untersuchten den Heilungsprozeß von Sehnennähten im Tierversuch mit Hunden und definierten drei Stadien:

- I- Die Sehnenstümpfe schwellen an und lagern sich eng aneinander.
- II- Bildung von Bindegewebe.
- III- Das undifferenzierte Bindegewebe differenziert zu Sehnen-
gewebe.

Das III. Stadium wird nach ca. 2 Wochen erreicht, davor haben

aktive Bewegungen keinen Sinn, sondern können nur Schaden stiften: Exzessive Gewebsreaktionen, Hämorrhagien, Adhäsionen. MAYSON und ALLEN empfahlen daher, mit vorsichtigen Bewegungsübungen erst 14 Tage post operationem zu beginnen. SAIKKU schloß sich dieser Auffassung an.

Man kann also zusammenfassen: um den Heilungsprozeß nicht zu gefährden, muß die Hand mindestens 2 Wochen absolut ruhiggestellt werden.

Im folgenden soll kurz aufgelistet werden, wie lange die verschiedenen Autoren die Gipsfixation belassen:

- weniger als 3 Wochen: AXHAUSEN, 1915, WEITZ, 1916, HASS, 1919
STEINDLER, 1939, KONIG, 1947, SAIKKU, 1947, SCUDERI, 1949
M. LANGE, 1951.
- 3 Wochen : PERTHES, 1918, STARR, 1922, CAMITZ, 1934, BAUER,
1946, BROOKS, 1949, HOHMANN, 1949, MERLE D'AUBIGNE, 1953,
ISELIN, 1959, SCHINK, 1967, TERTSCH, 1970, MARTINI und
ZELLNER, 1976, LAMB, 1980.
- 4 Wochen: LINDEMANN, 1947.
- 5 bis 6 Wochen: EGLOFF, 1916, LAMPHIER und LITTLER, 1947, MÖ-
BERG und NACHEMSON, 1967, BARTON, 1973.
- 8 bis 10 Wochen: GAUGELE, 1919.

Während das sonstige Konzept der Nachbehandlung recht einheitlich beschrieben wird, gibt es - wie man sieht - in der Frage der Dauer der Ruhigstellung erhebliche Unterschiede. Dabei fällt auf, daß die meisten Autoren, besonders auch solche aus jüngerer Zeit, eine Zeit von 3 Wochen für ausreichend und richtig halten.

Bei unserem Patientengut - das Fälle über eine Zeit von mehr als 20 Jahren zusammenfaßt - war die Dauer und die Art der Gipsfixation uneinheitlich. Es lassen sich aber zwei Tendenzen aufzeigen:

Von insgesamt 16 Fällen für die diesbezügl. zuverlässige Daten vorliegen erfolgte bei den 8 vor 1973 operierten Patienten meist (in 5 Fällen) eine Ruhigstellung über 6 Wochen und in Oberarmgips.

Die zweite Hälfte von 8 in den letzten 10 Jahren seit 1973 operierten Patienten erhielt demgegenüber meist (in 6 Fällen) eine volare Gipslonguette über 3 bis höchstens 4 Wochen.

Wir können also festhalten:

- die Hand muß m i n d e s t e n s 2 bis 3 Wochen ruhiggestellt werden.
- bleibt die Frage, ob man durch eine längerdauernde Gipsfixation (6 Wochen) bessere oder schlechtere Resultate erzielt.

Zu dieser letzten Frage sind mir keine Untersuchungen bekannt. Betrachten wir aber hierzu die Ergebnisse unserer Nachuntersuchungen:

In der untenstehenden Tabelle 6 sind die Erfolgs-Resultate von 15 Fällen bei unterschiedlicher Dauer der Ruhigstellung in Gips aufgeschlüsselt. Dabei bleibt zu bedenken, daß es bei der geringen Zahl von Patienten und bei den anderen das Ergebnis beeinflussenden Parametern ausgeschlossen ist, ein "gutes" oder "schlechtes" Resultat auf kürzere/längere Gipsfixation zurückzuführen. Der einzige Kommentar - und auch diesen möchte ich vorsichtig formulieren -, der zu dieser Tabelle 6 gegeben werden soll, lautet daher:

Eine Ruhigstellung über 6 Wochen hin scheint das Ergebnis nicht negativ zu beeinflussen.

Tabelle 6: Resultate der Ruhigstellung in Gips und nachfolgender Therapie (Wochen)					
	2	3	4	5	6
gutes Resultat				-	6
schlechtes Resultat	-			-	5
unbekannt			-	-	

Nach der mehrwöchigen Phase der Ruhigstellung beginnt die "eigentliche" Nachbehandlung. Deren außerordentliche Bedeutung für den Erfolg der Ersatzoperation wurde von vielen Autoren hervorgehoben. STEINDLER (1939) ging sogar so weit, Mißerfolge "hauptsächlich auf Fehler bei der Nachbehandlung" zurückzuführen.

Viele Autoren beginnen mit dieser Nachbehandlung vorsichtig und allmählich, indem sie die Schienung / Ruhigstellung der Hand zuerst einige Wochen lang nur für kurze Zeit (z.B. eine Stunde täglich) aufheben.

Der Sinn und Zweck der Nachbehandlung besteht vor allem darin, dem Patienten das "Umlernen" von der alten auf die neue Funktion der verpflanzten Muskulatur zu ermöglichen. Endziel der Nachbehandlung ist die möglichst vollkommene Funktionsfähigkeit der Hand.

An dieser Stelle soll auf das Phänomen des "Umlernens" - in gewisser Weise ein Dreh- und Angelpunkt der gesamten Ersatzoperation - näher eingegangen werden:

Eine interessante Arbeit zu diesem Thema stammt von WINTSCH (1972): Demnach fällt das Umlernen generell umso schwerer, je größer der Funktionsunterschied zwischen ursprünglicher und neuer Tätigkeit des Kraftspenders ist. Dabei gilt jedoch - wie schon betont -, daß Handbeuger und Fingerstrecker als Synergisten zu betrachten sind. Anders verhält es sich mit den nicht selten als Kraftspender benutzten oberflächlichen Fingerbeugern, die als "echte Antagonisten" den Umlernprozeß erschweren können.

Tierversuche von SPERRY (zit. bei WINTSCH, 1972) an Fröschen, Ratten und Affen zeigen, daß nur P r i m a t e n in dieser Weise umlernen können: nur Menschen und Affen merken also mit der Zeit, daß "etwas nicht so ist wie gewohnt" und passen sich den veränderten Muskelverhältnissen an.

BLODGETT (zit. bei WINTSCH, 1972) konnte beweisen, daß ein verpflanzter Muskel seine neue Funktion nicht nur im Sinne bewußter willkürlicher Steuerung, sondern auch reflexartig erlernen kann.

Nach WINTSCH vollzieht sich der Umlernprozeß in drei Phasen:

- I- Überraschung: der Patient merkt "etwas stimmt nicht mehr". Es resultiert eine andere Bewegung als die der ursprünglichen Muskelfunktion nach erwartete.
- II- Der Patient beginnt, die neue Funktion zu untersuchen und allmählich "das Beste aus der Situation zu machen", also sich anzupassen. Der Patient versucht also, durch Übung den ungewohnten Bewegungsablauf unter willensmäßige Kontrolle zu bringen. Eine der Hauptschwierigkeiten dabei ist, daß Muskeln, die sich früher gewöhnlich zusammen und zugleich mit dem Kraftspender kontrahierten, dies auch jetzt noch tun "wollen". Auch BUNNELL (1958) beschrieb dieses Phänomen in ähnlicher Weise: die Patienten spannen zuerst meist alle Muskeln an, um eine bestimmte Bewegung auszuführen. - Oft können sich auch Trickbewegungen einschleichen, etwa Beugen der Hand zur Fingerstreckung. In dieser zweiten Phase - folgen wir weiterhin der Darstellung von WINTSCH - kann der Patient scheitern oder resignieren.
- III- Es erfolgt dann aber ein plötzliches "Umschalten" auf die richtige Funktion; der neue Bewegungsablauf und die ungewohnt neue Innervationsbahn sind gewissermaßen "eingerastet". Mehrere Autoren beschreiben diesen Prozeß nicht als allmähliches Umgewöhnen, sondern als ein plötzliches Begreifen und Beherrschen der geänderten Verhältnisse (SAIKKU, 1947).

Die Nachbehandlung zielt darauf ab, dem Patienten in der Phase des Umlernens zu helfen. Dies (so WINTSCH) geschieht am besten durch Bewegungsübungen:

Die "Standardübung" ist eine einfache und genau definierte Bewegung, die immer aus einer Ruheposition beginnt und in einer festgelegten Endposition endet. Der Patient wird zu einer Bewegung aufgefordert, die alte und neue Spender - Funktion kombiniert (vgl. auch BLAUTH und KÖNIG, 1973). Beispiel: Training des auf die Handstrecker verpflanzten M. pronator teres. Ausgangsstellung: Hand in Supination und gebeugt. Der Patient soll nun pronieren und gleichzeitig die Hand strecken. -

Wichtig ist, daß diese Standardübungen in immer derselben Weise möglichst oft wiederholt werden.

Später setzt dann die Ergotherapie ein, die u. a. verhindern soll, daß der Patient den Muskel funktionswidrig gebraucht. Man schreitet dabei von einfachen zu immer komplizierten Übungen fort, wobei auch hier die häufige Wiederholung wichtig ist.

Beim Umlernprozeß kommt es auf die Intelligenz, Initiative und Mitarbeit des Patienten an (SAIKKU, 1947, NIGST, 1975). Verschiedene Patienten benötigen zum Umlernen daher unterschiedlich lange, so daß die Gesamtdauer der Nachbehandlung individuell variieren muß.

Nach PERTHES (1919) vollzieht sich das Umlernen für verschiedene Kraftspender ebenfalls verschieden schnell: der charakteristischerweise plötzlich - einsetzende Erfolg tritt demnach beim M. flexor carpi radialis durchschnittlich 12 Tage, beim M. flexor carpi ulnaris dagegen erst 5 bis 9 Wochen nach der Operation ein - man beachte, daß PERTHES bereits unmittelbar nach der Operation Bewegungsübungen ausführen läßt.

Welcher Methoden bedient sich die Nachbehandlung? Am wichtigsten sind praktische Bewegungsübungen, wie oben beschrieben.

Den besten Nutzen bezüglich der Funktionswiederherstellung erreicht man nach SAIKKU (1947) durch Handarbeit. Ein eindrucksvolles Beispiel dafür, daß Arbeit oft die beste Nachbehandlung sein kann, gibt einer unserer Patienten (Fall Nr. 8, S. 199): Als Landwirt konnte er - wohl wegen der abgelegenen Lage seines Wohnortes - praktisch keine regelrechte Nachbehandlung erhalten, begann aber relativ kurze Zeit nach der Operation wieder mit schwerer landwirtschaftlicher Arbeit. Das Resultat ist ausgezeichnet.

An weiteren unterstützenden Maßnahmen stehen zur Verfügung: Elektrische Reizung, Massagen, Heißluft, Bäder.

Ein wichtiges Hilfsmittel bei der Nachbehandlung sind Radiallisschienen. Je nach Bedarf kann der Patient zeitweise (z.B. über Nacht) noch für einige Wochen oder Monate solche Schienen tragen. Die Radiallisschiene soll solange benutzt werden, bis

der Patient die Hand aktiv gegen die Schwerkraft heben kann (NIGST, 1969). Besonders wichtig ist die Schienenbehandlung zur Unterstützung von Tenodesen; hier sollte nach KÖNIG (1947) die Hand 4 bis 5 Monate gestützt werden.

Die Gesamtdauer der Nachbehandlung ist - wie gesagt - individuell verschieden. Als Richtwert geben einige Autoren eine Zeit von 2 bis 4 Monaten an (BILLINGTON, 1922, SAIKKU, 1947, WITT, 1948).

Bezüglich der O r g a n i s a t i o n der Nachbehandlung wäre es ideal, wenn der Patient permanent unter fachkundiger Aufsicht, also stationär behandelt werden könnte. Einige Autoren konnten mit ihren Patienten - allerdings Verwundete in Kriegslazaretten - auch tatsächlich so verfahren. Aus vielerlei Gründen ist jedoch eine mehrwöchige oder gar mehrmonatige stationäre Nachbehandlung praktisch unmöglich und auch gar nicht nötig.

Bei unseren Patienten wurde die Nachbehandlung wie folgt organisiert:

Da alle Patienten aus der weiteren Umgebung kamen, war es ihnen nicht möglich, mehrmals wöchentlich zur ambulanten Nachbehandlung hierher nach Erlangen zu kommen. Sie nutzten daher die Behandlungsmöglichkeiten an ihrem Wohnort bzw. möglichst in der Nähe davon. Die konkret durchgeführten Maßnahmen und auch die Frequenz der Sitzungen - gewöhnlich 1 bis 3 mal pro Woche - richteten sich nach diesen örtlichen Gegebenheiten. In regelmäßigen Abständen (i.a. alle 2 Wochen) wurden die Patienten von uns zur Nachkontrolle einbestellt. Fälle, bei denen Komplikationen auftraten (Fall Nr. 3, S. 194) wurden bis zu deren Beseitigung sofort wieder stationär aufgenommen.

IX.) KOMPLIKATIONEN.

In diesem Kapitel interessieren die Komplikationen und Gefahren, welche das Resultat beeinträchtigen können, sowie mögliche Maßnahmen zu ihrer Verhinderung.

Zwar kann die Technik der Radialisersatzoperation mittlerweile als ausgereift gelten, trotzdem sind auch heute noch gelegentlich Mißerfolge möglich.

Als Ursachen dafür können genannt werden:

1.) Falsche Indikationsstellung:

Besonders "ungünstig" ist es, wenn die Nervenfunktion nach durchgeführter Ersatzplastik wieder regeneriert. Beachte hierzu die im Kapitel "Indikation" genannten Grundsätze.

2.) Verwachsungen:

Vor allem in den Jahren bis etwa 1920 waren Verwachsungen das gefürchtetste Problem bei Ersatzoperationen (MULLER, 1915, LORENZ, 1917, BIESALSKI, 1916). Als Ursachen für Verwachsungen kommen infrage:

- zu lange postoperative Ruhigstellung (f. LANGE, 1911),
- schlechtes Gleitlager, z. B. bei mageren Menschen mit wenig Subkutan-Fett.
- Verpflanzung durch das Spat. interosseum (vgl. S. 104).
- Fremdkörper in der Gleitbahn (BIESALSKI, 1916).
- Übereinanderliegen von Sehnen- und Hautnähten.
- Postoperative Blutungen und Hämatome (u.a. BUNNELL, 1958).
- Verwachsungen durch Anliegen der Sehne an Knochen oder Faszie.

Folgende Maßnahmen wurden zur Vermeidung von Adhäsionen vorgeschlagen:

PITZEN (1923) empfahl die Verpflanzung unter Mitnahme des die Sehne umgebenden Gleitgewebes und die sorgfältige Einbettung in Subkutan-Fett.

SAIKKU (1947) sieht die Hauptgefahr für Adhäsionen auf der dorsalen Seite und empfiehlt deshalb, die dorsale Inzision zuerst zu vernähen, um Spannungen an dieser kritischen Stelle gering

zu halten.

Nach BUNELL (1958) vermeidet man Adhäsionen durch Beachtung folgender Bedingungen:

- Asepsis (sonst: Exsudat, Ödeme und Neigung zu Adhäsionen).
- atraumatische Technik (sonst: Verwachsungen im Gefolge traumatischer Gewebsreaktionen).
- sorgfältige Blutstillung.
- Druckverband und Drains zur Hämatom-Verhütung.

3.) Infektion:

Die Gefahr einer Infektion ist heute nicht mehr so groß, war aber früher gefürchtet.

4.) Falscher Operationsplan:

Schon VULPIUS (1903) sah eine Ursache möglichen Mißerfolgs darin, daß man "zuviel oder zuwenig Überpflanzt". Um eine fehlerhafte Wahl der Kraftspender zu vermeiden, sollte man sich an die im diesbezüglichen Kapitel ausführlich besprochenen Regeln halten (vgl. S. 51).

Fehler sind sowohl in Bezug auf die Art (Verpflanzung eines für eine best. Funktion ungeeigneten Spenders) als auch bezüglich der Zahl (z.B. Transferierung sämtlicher Beuger) der Kraftspender möglich; und auch in Bezug auf die Tenodese (vgl. S. 85).

Da aber praktisch jeder Autor andere Spender-Empfänger-Kombinationen angibt, sind die genannten Grundsätze zuweilen umstritten.

5.) Nachgeben der Sehnennähte bzw. der Tenodese:

Durch fehlerhafte Technik oder zu frühe Bewegungen kann es zum Riß der Sehnennaht kommen. Noch häufiger dürfte aber ein allzu starkes Nachgeben einer Tenodese das Resultat beeinträchtigen. Hier ist es wichtig, die zur Tenodese verwendeten Sehnen möglichst stabil nach der PERTHES-Technik zu verankern.

6.) Vernähen der Sehnen unter falscher Spannung:

Es ist oft schwer, den Spannungsgrad der Sehnennaht richtig

zu kalkulieren. Besondere Schwierigkeiten treten dann auf, wenn bei tiefer Radialisläsion die Spannung des reaktivierten M. ext. digit. communis mit der der intakten radialen Handstrecker koordiniert werden soll. Gelegentlich - wenn die Spannung dabei etwas zu gering bemessen wurde - findet man dann eine nicht vollständige Streckfähigkeit der Finger. In den allermeisten Fällen ist dieser Mangel jedoch unbedeutend, weil die Handöffnung dennoch in absolut ausreichendem Maße möglich ist: die Patienten können ihre Hand funktionell gebrauchen und sind zufrieden.

Wenn bei der Einflechtung des Spenders in die Fingerstrecksehnen diese nicht alle unter der gleichen Spannung vernäht werden, so resultiert ein Streckdefizit bei einzelnen Fingern, besonders häufig sind davon Mittel- und Ringfinger betroffen (SCHINK, 1967). Kann dieser Defekt nicht toleriert werden, so hilft eine Korrektur durch sekundäre Raffnaht.

7.) Trauma:

Nach BIESALSKI (1916) können die empfindlichen Sehnen- gewebe durch mechanische Verletzung, Austrocknung oder gar schon durch Berührung geschädigt werden. Wenn diese Gebilde nicht mit größter Schonung behandelt werden, so können im Sehnen- gewebe Nekrosen entstehen, die nach SAIKKU (1947) in der Folge zu Adhäsionen führen.

8.) Überdehnung:

Die Gefahr einer Überdehnung der transferierten Kraftspender besteht besonders bei schwer arbeitenden Patienten, bei denen auf eine Tenodese verzichtet wurde (WITT, 1947). In diesen Fällen sah sich WITT des öfteren zu Rezidivoperationen genötigt. Man sollte sich daher nicht scheuen, eine Tenodese durchzuführen, wenn eine solche indiziert ist. - Generell besteht Überdehnungsgefahr bei zu frühen und/oder zu heftigen Bewegungsübungen post operationem.

9. Ungenügende Nachbehandlung:

Eine unzureichende oder fehlerhafte Nachbehandlung führt zu

schlechten Resultaten (siehe hierzu Kap. "Nachbehandlung", S. 114).

10.) Kontrakturen:

Werden Kontrakturen nicht durch adäquate Vorbehandlung (S. 112) beseitigt, so bestehen für die Ersatzoperation von vorn herein nur sehr schlechte Aussichten.

11.) Die Rolle des Alters des Patienten und des Operations- Zeitpunktes:

Dieser Punkt wurde in der Literatur bisher recht wenig gewürdigt, so daß hier eine ausführliche Darstellung angebracht ist:

Eine sehr schöne empirische Untersuchung anhand etlicher Patienten stammt von SAIKKU (1947): Er erstellte ein Diagramm aus den Koordinatenachsen "Alter zum Zeitpunkt der Operation" und "Monate zwischen Trauma und Ersatzplastik". In dieses Diagramm wurden dann die einzelnen Fälle eingetragen, jeweils unter Markierung des Resultates ("sehr gut", "gut", "mittel" usw.). Dabei zeigten sich folgende Ergebnisse:

- alle "sehr guten" und die meisten "guten" Erfolge erzielte SAIKKU bei Patienten, die jünger als 30 Jahre waren und nicht später als 2 1/2 Jahre nach der Verletzung operiert wurden.
- alle "schlechten" Resultate betrafen Patienten, die über 30 Jahre alt waren und erst nach mehr als 2 1/2 Jahren operiert wurden.

Bei allen Fällen, die erst sehr lange Zeit posttraumatisch operiert wurden, fand SAIKKU bei den Nachuntersuchungen trophische Störungen im gelähmten Gebiet (Cyanose, Schwitzen, Kälteempfindlichkeit u.a.). Bei kurz nach der Läsion operierten Patienten wurden keine derartigen Beobachtungen gemacht.

Wenn die Degeneration der gelähmten Sehnen so weit geht, daß irreversible trophische Störungen auftreten, so kann dies zum Mißerfolg führen.

Man kann also festhalten, daß die Radialisersatzplastik umso bessere Resultate erwarten läßt, je jünger der Patient ist und je kürzer die Zeitspanne zwischen Trauma und Ersatzoperation ist.

Bezüglich der Erfahrungen mit unseren Patienten hinsichtlich Alter / Zeitpunkt der Operation vgl. S. 180 .

- 12.) Nicht als "Komplikation", sondern als für den Patienten unangenehme Begleiterscheinung sind die gewöhnlich starken postoperativen Schmerzen aufzufassen, die meist einige Tage anhalten.

3. A B S C H N I T T :

DIE VERSCHIEDENEN METHODEN.

1.) TABELLARISCHE ZUSAMMENSTELLUNG.

1.) Vorbemerkungen:

Im folgenden werden - zunächst in einer tabellarischen Zusammenstellung - rund 85 Autoren mit den von ihnen beschriebenen Verfahren angeführt. Da viele dieser Autoren nicht nur einen, sondern gleich mehrere Operationspläne angeben, kann man die Gesamtzahl der Methoden zur Radialisersatzplastik auf ungefähr 100 veranschlagen.

Bei dieser Zahl ist es nicht möglich, alle Verfahren einigermaßen ausführlich darzulegen. Dies ist auch gar nicht notwendig oder auch nur sinnvoll, da sich die allermeisten Methoden in einige Gruppen einteilen lassen, innerhalb derer oft nur geringfügige Unterschiede in Details zwischen den Verfahren bestehen.

Daher beschränke ich mich hier zunächst auf die tabellarische Zusammenstellung der in verschiedene Gruppen eingeteilten Operationspläne. Für weitergehende Interessen sei auf das Literaturverzeichnis verwiesen, in dem (entsprechend Autorenname und Jahreszahl in der Tabelle) die Originalliteratur aufgeführt ist.

Bei der Gruppeneinteilung der zahlreichen Methoden sind verschiedene Prinzipien möglich: man kann gliedern in Ersatzoperationen bei hoher und tiefer Läsion; oder aber nach operationstechnischen Gesichtspunkten, z.B. Zahl der Kraftspender. Ich habe versucht, beide Prinzipien zu kombinieren: die allermeisten differenzieren nicht nach "hoher" oder "tiefer" Läsion. Die wenigen ausdrücklich für die tiefe Läsion indizierten Verfahren habe ich ohne Rücksicht auf die jew. Operationstechnik zu einer Gruppe zusammengefaßt. Alle anderen Methoden, die vom jeweiligen Autor für die hohe Läsion vorgesehen waren - obwohl z.T. aus heutiger Sicht dafür nicht geeignet -, oder aber ohne weitere Differenzierung einfach als "Radialisersatzplastik" veröffentlicht, wurden unter der Rubrik "Hohe Läsion" zusam-

mengefaßt und nach dem Operationsplan wie folgt weiter untergliedert:

- Verfahren mit einem Kraftspender,
- Verfahren mit zwei Kraftspendern,
- Verfahren mit zwei Kraftspendern und Tenodese,
- Verfahren mit drei Kraftspendern,
- Verfahren mit vier Kraftspendern.

Um die Darstellung nicht ganz auf die doch nicht allzu aussagekräftige Tabelle zu beschränken, habe ich jeder Gruppe eine Zusammenfassung vorangestellt, welche die allgemeinen Prinzipien und Gedankengänge der dort vertretenen Methoden darstellen soll.

Zusätzlich sollen einige ausgewählte Methoden im Anschluß an die Tabellen ausführlich behandelt werden.

Eine derartige Zusammenstellung der Operationspläne für Radialisersatzplastiken von 1896 bis 1980 ist meines Wissens in der Literatur bislang noch nicht veröffentlicht worden. Im Prinzip vergleichbar ist die Arbeit von SCHOCH (1958), der in einer Tabelle 25 Methoden vorstellt. Die Veröffentlichungen von PERTHES (1918), ZACHARY (1946) und SAIKKU (1947) beschreiben zwar jeweils nur einige wenige Verfahren, dies jedoch auf der Grundlage von Nachuntersuchungen an zahlreichen von ihnen behandelten Patienten. Sie verwenden außerdem objektive Bewertungskriterien in Form quantitativer Angaben - was bei den allermeisten Autoren in keiner Weise üblich ist! - und sind daher außerordentlich wertvoll im Sinne eines kritischen Vergleichs der verschiedenen Methoden.

So arbeitete PERTHES das Verfahren mit Tenodese bis zur Perfektion aus und bewies dessen Überlegenheit gegenüber älteren Methoden. ZACHARY erkannte, daß mindestens ein Beuger in situ belassen werden muß. SAIKKU schließlich verglich sehr eingehend die drei prinzipiellen Verfahren ("Teil-PERTHES", "Voll-PERTHES" mit Tenodese, "Pronator-Operation" mit Aktivierung der radialen Handstrecker durch den "dritten Spender" M. pronator teres).

2.) Methoden zur Radialisersatzplastik bei "hoher Läsion":

Vorab noch ein Wort zu der von mir getroffenen Gruppeneinteilung nach der Zahl der Spender: sie wurde formal so von SCHOCH (1951) eingeführt. Im Gegensatz zu diesem Autor habe ich mich aber bemüht, der Anzahl der Kraftspender auch bestimmte charakteristische Prinzipien und Zielsetzungen zuzuordnen. Es zeigt sich nämlich, daß z.B. Autoren von Operationsplänen mit nur einem Kraftspender gewöhnlich einer ganz anderen "Philosophie" folgen als solche, die drei oder vier Spender verwenden.

Leider gibt es einige wenige Verfahren, für die diese Gruppeneinteilung gezwungen erscheint und für welche die zur jeweiligen Gruppe definierten Prinzipien nicht zutreffen.

Schwierigkeiten bezüglich der Einteilung bereiten auch die ganz wenigen historischen Verfahren, die folgende Eigenheit aufweisen: zusätzlich zu den auf die Streckseite verlagerten Kraftspendern wird der eine oder andere dieser verpflanzten Muskel seinerseits durch einen weiteren, auf der Volarseite belassenen Spender ersetzt. Ein Beispiel ist das Verfahren von CLEMENS (1947): der ulnare und der radiale Handbeuger werden zur Streckseite verpflanzt und der M. palmaris longus auf die distalen Stümpfe der beiden Handbeuger genäht. In diesem Fall habe ich das CLEMENS-Verfahren in die Gruppe mit "zwei Kraftspendern" eingereiht, obwohl eigentlich drei Muskeln verpflanzt werden: davon erfolgt jedoch eine Transposition innerhalb der Beuger, und nur zwei kommen der ausgefallenen Radialis-muskulatur direkt zu Gute; und das ist der für die Gruppeneinteilung entscheidende Punkt.

Zur Nomenklatur: in den Tabellen werden aus Platzgründen die Muskeln mit den üblichen Abkürzungen bezeichnet (siehe S. 59 und 62).

a.) VERFAHREN MIT EINEM KRAFTSPENDER.

Allgemeines:

Die verschiedenen Vertreter der "Einsehnenplastik" gehen von einem Grundgedanken aus, der eine möglichst einfache und "schonende" Operationstechnik bei sehr weitgestreckter Indikationsstellung umfaßt: man berüwortet eindeutig die "Frühoperation", d.H. die Radialisersatzoperation soll möglichst bald nach der Läsion erfolgen und z.T. sogar eine alternativ mögliche Nervenoperation ersetzen. Der Vorteil besteht in einer kurzen "Wartezeit" (der Patient kann seine Hand relativ frühzeitig wieder funktionell gebrauchen) und dem Vermeiden unbefriedigender Ergebnisse durch die von diesen Autoren relativ skeptisch beurteilten Nervenoperationen.

Der Nachteil dieser Methode liegt darin, daß Regenerationen des N. radialis nach längerer Zeit spontan oder nach einer durchgeführten Nervennahtbewußt einkalkuliert werden müssen, d.H. die Indikation zur Ersatzoperation beschränkt sich hier nicht auf wirklich "100 %ig irreparable" Läsionen.

Die Konsequenz daraus ist, daß die Ersatzoperation keine irreparablen Verhältnisse schaffen darf, daß also z.B. keine Sehnen durchgeschnitten werden dürfen und möglichst nur ein Muskel zu verpflanzen ist, da unbedingt die Möglichkeit offenbleiben muß, daß die vom N. radialis innervierten Muskeln bei einer denkbaren späteren Regeneration des Nerven wieder arbeiten können. Diese Konsequenz kommt der Forderung nach einer möglichst einfachen Operationstechnik im Gegensatz zu der als zu kompliziert beurteilten PERTHES-Methode entgegen.

Obwohl die betreffenden Autoren (bes. K.H. BAUER, 1946) von den sehr guten Ergebnissen ihrer Einsehnenplastiken überzeugt sind, scheint es heute festzustehen, daß diese Methoden den "großen Plastiken" (nach PERTHES oder MERLE D'AUBIGNE) unterlegen sind. Auch die weitgefaßte Indikationsstellung dürfte insbesondere nach den Fortschritten der Nervenoperation in der jüngeren Zeit nicht mehr haltbar sein. So ist auch seit den vierziger Jahren in der Literatur nur noch ganz selten von der Plastik mit nur einem Kraftspender die Rede.

Ein Kraftspender allein ist wohl überfordert, wenn er zusätzlich zur Fingerstreckung noch indirekt über die Aktivierung des M. ext. digit. communis das Handgelenk strecken soll und womöglich noch zum Ersatz der ausgefallenen Daumenmuskeln mit herangezogen wird.

Tabelle 7 : Verfahren mit einem Kraftspender.

Auter	Jahr	Spender→Empfänger	Bemerkungen
POWSEEND	1900	FCU→EDC	zit. bei BONOLA (1936)
MURPHY	1914	PCR→EDC, EPL	zit. bei MASSART (1918)
HAMMESFAHR	1916	Sehne des ECRL→EDC	keine aktive Kraftüber- tragg. (ECRL gelähmt!), Handstreckung soll durch Pronation erreicht werden.
HENRY	1916	PCR→EDC	zit. bei BONOLA (1936) PCR durch Spat. interosseum. Der PL wird auf den dist. FCR-Stumpf genäht.
CHUTRO	1917	PCR→EDC	zit. bei BONOLA (1936)
GESSNER / RIEDEL	1917	PCR→Handgelenk- periost	PL auf die Ansatzstelle des als Spender verwen- deten FCR genäht.
LENGFELLMER I	1917	FDP→EDC, EPL, APL, EPB	Einziges aller angegeb. Ver- fahren, das den Flexor digit. prof. (FDP) verwendet.
II	1917	FCU→ECU, EPL PCR→ECR, APL	vgl. "Verfahren mit zwei Kraftspendern".
BRAATZ	1918	FCU→EDC	Frühoperation, soll noch vor einer mögl. Nerven- naht unternommen werden.
SUDECK	1919, 1943	FCU→EDC, ED II, ED V, EPL	-
BAUER I	1946	FCU→EDC	Zusätzl. "Bremstenodese" (dist. EDC-Stümpfe mit Lig. carpi dors. vernäht). - Im 2. Sitzung evtl. PCR→EPL, APL, EPB.
II	1947	FCU→EDC	Bremstenodese entfällt.
HERBIG	1948	FCU→EDC, EPL	Kleine "Stichinzisionen"- Bei 2 Pat. zusätzl. wegen Vermeidg. von Ulnarabdukt. PCR→APL, EPB.
GILAN- SCHAH	1949	PCR→EPL, APL, EPB	Verkürzung der Sehnen des EDC.

b.) VERFAHREN MIT ZWEI KRAFTSPENDERN.

A l l g e m e i n e s :

Verfahren mit zwei Kraftspendern - je einer für den Daumen und die Fingerstrecker, also ohne Tenodese oder Versorgung der Handstrecker mit einem dritten Spender - sind besonders im deutschsprachigen Raum früher weit verbreitet gewesen und werden z.T. auch heute noch propagiert: TERTSCH 1970, HIEBLER 1976.

Diese Verfahren gehen meist von der großen PERTHES-Plastik aus (auch "Voll-PERTHES" genannt), die in ihrem Wert zwar gewürdigt, aber als zu kompliziert betrachtet wird, vor allem stört aber die Immobilisierung des Handgelenks durch die Tenodese. Diese Autoren vertreten deshalb das Prinzip des sog. "Teil-PERTHES", worunter allgemein Methoden verstanden werden, die zwei Kraftspender ohne Tenodese vorsehen.

Die Handgelenksstreckung soll dabei genau wie von den Vertretern der Einsehnenplastik gedacht indirekt durch Aktivierung des M. ext. digit. communis durch einen geeigneten und hinreichend kräftigen Spender-Muskel ermöglicht werden.

Aber ebenso wie bei der Operation mit nur einem Kraftspender sind hier Zweifel erlaubt, ob durch diese Technik eine hinreichende Handstreckung erzielt werden kann.

Heute geht man wohl weitgehend davon aus, daß das Handgelenk entweder durch eine Tenodese fixiert werden muß oder mit einem dritten Kraftspender aktiv streckfähig gemacht werden soll. Bei der hohen Radialisläsion bedürfen die hier genannten Verfahren daher einer entsprechenden Erweiterung.

Obwohl die Methoden mit nur zwei Kraftspendern von ihren Autoren ursprünglich für die hohe Läsion vorgesehen waren und deshalb an dieser Stelle abgehandelt werden, sind sie nach der heute überwiegend herrschenden Meinung vor allem bei der tiefen Läsion indiziert, wo man ja ohne weiteres mit zwei Spendern auskommen kann. Der Gedanke eines dritten Kraftspenders (JONES, 1921, STOFFEL, 1919) scheint bei diesen Autoren keinen Anklang gefunden zu haben.

Die allermeisten der hier genannten Methoden ähneln sich stark, am originellsten ist die "gekreuzte Plastik" nach LINDEMANN (1947).

Tabelle 8 : Verfahren mit z w e i Kraftspendern.

Autor	Jahr	Spender → Empfänger	Bemerkungen
FRANKE	1898	FCU → EDC FCR → EPL, APL, EPB	Sehnenraffung und Verkürzung von ECRL, ECRB, ECU.
HOFFA	1900	FCU → } EDC FCR → }	zit. bei BONOLA (1936)
BELA	1901	FCU → EDC FCR → EPL	zit. bei BONOLA (1936)
CAPPELLEN	1899/ 1902	FCU → EDC PL → ED II	zit. bei SCUDERI (1949) u. MASSART (1918). Verkürzung der ECRL - Sehne.
FISCHER	1915	FCU → EDC FCR → EPL, APL, EPB	sehr ähnlich Methode FRANKKE - Vgl. Tabelle "Tiefe Läsion".
BIESALSKI	1916	FCU → EDC FCR → ECRL, ECRB, Metacarp. II u. III	Dauenversorgung: ? - Variante: FDS statt FCR. - "Sehnenscheidenauswechslung": FCR oder FDS werden durch die Scheiden von ECRL, ECRB geführt.
SCHREIEGG	1916	FCU → EDC PL → EPL, APL	Zusätzl. wird der FCR gespalten: die eine Hälfte wird belassen, die andere auf die Insertion des FCU genäht.
WEITZ	1916	FCU → Ansatzstelle des ECU FCR → Ansatzstelle des ECRL	-
LENGFELLNER II	1917	Verfahren "II"	siehe Tabelle "Ein Kraftspender".
GAUGELE	1919	FCU → EDC, EPL (u. evtl. ECU) FCR → APL, EPB (u. evtl. ECRL)	ähnlich Methode HASS.
HASS	1919	FCU → EDC, EPL FCR → APL, EPB	klassischer "Teil-PERTHES".
HOHMANN	1919	FCU → EDC, EPL FCR → ECRL, ECRB, APL, EPB	ähnlich Methode KASTERT.

Fortsetzung: Verfahren mit z w e i Kraftspendern (Tab. 8).

Autor	Jahr	Spender→Empfänger	Bemerkungen
STEVENSON	1923	FCR→APL,EPB PL →EPL	zit. bei KÖNIG (1948) u. SCHOCH (1958).
CLEMENS	1947	FCU→EDC,ECU FCR→EPL,APL,EPB, ECR	zusätzl. wird der PL ge- spalten und auf die dista- len Stümpfe vom FCU u. FCR genäht.
LAMPHIER / LITTLER	1947	FCU→EDC FCR→EPL,APL,EPB	spez. Nahttechnik: Spender- sehne durch Knopfloch gezo- gen, dann längs gespalten u. die beiden Enden nach rück- wärts zw. die Empf.-Sehnen eingeflochten.
LINDEMANN	1947	FCU→EPL,APL,EPB FCR→EDC,ED II, ED V	"gekreuzte Plastik": die Spendersehnen werden auf dem Handrücken gekreuzt.
TERTSCH	1970	FCU→EDC FCR→APL,EPB	Der EPL wird bewußt nicht aktiviert.
HIEBLER	1976	FCU→EDC,EPL PL →APL	-
MACKH	?	FCU→EDC FCR→APL,ECRL, ECRB	Ohne Quellenangabe zit. bei WITT (1953).
KASTERT	?	FCU→EDC,EPL FCR→APL,EPB, ECRL	Ohne Quellenangabe zit. bei WITT (1953),- Nach Vereinigung mit den Empfängern (Knopfloch) wer- den die beiden Spendersehnen noch miteinander vernäht, dadurch Kräfte-Summatio <u>n</u> für die Handgelenkstreckung.

c.) VERFAHREN MIT ZWEI KRAFTSPENDERN UND TENODESE.

A l l g e m e i n e s :

Die Tenodese wird bei der Radialisersatzoperation nicht nur in Kombination mit zwei, sondern auch mit einem (BAUER, 1946) oder drei (ISLLIN, 1959) Kraftspendern eingesetzt. Es liegt aber nahe, die Methoden mit zwei Spendern - je einer für Langfinger und Daumen- und Tenodese zur Handgelenks-Fixation als eigene Gruppe zusammenzufassen und den Verfahren mit aktiver Handhebung durch dritten Kraftspender gegenüberzustellen. Die hierher gehörenden Methoden sind allesamt über 50 Jahre alt, die Operation nach FRANKE (1898) stellt sogar die erste Radialisersatzoperation bei hoher Läsion überhaupt dar.

Mit FRANKE und VULPIUS als Vorläufern hat dann PERTHES die Methode "zwei Spender plus Tenodese" bis zur Perfektion ausgearbeitet. Wenn man sich zur Ausführung einer Tenodese entschließt (z.B. bei Schwerarbeitern), so gilt die Methode von PERTHES noch heute als das Verfahren der Wahl.

Der Wert oder Unwert einer Tenodese ist seit jeher in der Literatur heftig umstritten. Das Für und Wider wurde in einem anderen Abschnitt dieser Arbeit ausführlich dargelegt.

Insbesondere im deutschsprachigen Raum hat die Tenodese aber auch heute - der Einfluß von PERTHES wirkt nach- noch ihren Platz behaupten können. Nach den Erfahrungen mit unserem Patientengut scheint dies berechtigt zu sein, da die Tenodese i.d.R. einen kräftigen Faustschluß garantieren kann. In der Mehrzahl der Fälle wird man aber auch hierzulande ein Operationsverfahren mit aktiver Handstreckung (etwa nach MERLE D' AUBIGNÉ) vorziehen.

Im angelsächsischen Raum ist die Tenodese nie sehr verbreitet gewesen und in unserer Zeit praktisch unbekannt. In Ausnahmefällen (etwa, wenn noch andere Armnerven ausgefallen sind und nicht genügend Kraftspender zur Verfügung stehen) entschließt man sich dort eher zu einer Arthrodese des Handgelenks.

Tabelle 9 : Verfahren mit zwei Kraftspendern und Tenodese.

Autor	Jahr	Spender→Empfänger	Bemerkungen
VULPIUS	1914	FCU→EDC FCR→EPL,APL,EPB	Tenodese: ECRL,ECRB am Radiusperiost; ECU am Ulna periost angenäht. - Die Methoden von FRANKE, VULPIUS und PERTHES unterscheiden sich nur durch die Technik der Tenodese.
AXHAUSEN	1916	FCU→EDC FCR→EPL,APL,EPB	FCU und FCR werden durch das Spat. interosseum geführt. - Tenodese: wurde erst nachträgl. in 2. Sitzung mit ECRL,ECRB,ECU durchgeführt. Nach diesem Verfahren wurde nur 1 Patient behandelt, es ergab sich ein Mißerfolg.
PERTHES (klassisch als sog. "Voll- PERTHES")	1918	FCU→EDC FCR→EPL,APL,EPB	Tenodese: ECRB-Sehne durch ein Bohrloch in der Radius-Epiphyse; ECRL u. ECU werden am Periost festgenäht. Varianten: "Teil-PERTHES" ohne Tenodese.
modifiz. "Voll- PERTHES"	1922	FCU→EDC,EPL FCR→APL,EPB	verbesserte Form der klass. Technik. - Tenodese: wie oben.
PENNELL	1919	FCR→EDC PL→EPB	zit. bei YOUNG u. LOWE (1947). - FCR: durch Spat. interosseum. "Tenodese": als "Faszien-Tenodese" wird ein Faszienstreifen von den Metacarp. III/IV zum Radius gespannt.
KRAUSE	1920	FCU→EDC FCR→APL,EPB	Tenodese: ECRB u. ECU werden am Periost vernäht und zusätzlich in Falten gelegt (Verkürzung). Variation: u.U. "temporäre Tenodese", die nach ca. 2 Monaten wieder gelöst wird.

d.) VERFAHREN MIT D R E I KRAFTSPENDERN.

A l l g e m e i n e s :

In dieser Gruppe finden sich die meisten Methoden, insbesondere die modernen und heute gebräuchlichsten Verfahren. Hauptcharakteristikum ist der Einsatz eines eigenen "dritten" Kraftspenders zur Aktivierung der Handstrecker neben der Verpflanzung je eines Spendermuskels auf Langfinger und Daumen. Für diesen dritten Spender hat sich konkurrenzlos der M. ~~pro~~pronator teres (Verpflanzung auf Mm. ext. carpi rad. longus et brevis) durchgesetzt, wie 1917 erstmals von JONES vorgeschlagen. Die meisten der hier genannten Methoden verwenden den M. pronator teres in dieser Weise; sie unterscheiden sich dementsprechend nur relativ geringfügig.

Alternativ-Vorschläge für den dritten Kraftspender, wie etwa M. flexor carpi radialis nach STOFFEL (1919) haben sich demgegenüber nicht durchgesetzt. Als Methode der Wahl kann heute das Verfahren von MERLE D'AUBIGNE (1953) angesehen werden; diese Methode bietet die beste Versorgung für die gelähmten Daumenmuskeln und den M. ext. digit. communis und liefert auch nach den Erfahrungen mit unseren Patienten die besten Resultate.

Die Verfahren mit drei Kraftspendern in der genannten Aufteilung treten in Konkurrenz mit der PERTHES-Methode mit Tenodesen, wobei die Tenodese heute nur in besonderen Fällen Anwendung findet.

Formal gehören in diese Gruppe mit drei Kraftspendern auch die Methoden, welche keine Aktivierung der Handstrecker vorsehen, sondern die drei Spendermuskeln auf den Fingerstrecker und die ausgefallenen Daumenmuskeln verteilen: z.B. SCUDERI (1949), aber auch das nach M. LANGE (1951) verbesserte PERTHES-Verfahren mit Tenodese.

Tabelle 10 : Verfahren mit d r e i Kraftspendern.

Autor	Jahr	Spender→Empfänger	Bemerkungen
BERGER / BANZET	1904	$\frac{1}{2}$ FCU → } EDC, ED V, $\frac{1}{2}$ PL → } ED II $\frac{1}{2}$ FCR → EPL	zit. bei BONOLA (1936) u. MASSART (1918).- FCU und FCR werden gespal- ten und nur teilweise verpflanzt.
JONES	1917	FCU → ED III, IV, V FCR → EPL, APL, EPB, ED II PT → ECRL, ECRB	evtl. zusätzlich: PL → APL. "Stammvater" aller Methoden mit Verwendung des PT. "Tiefe Läsion": ebenso, nur ohne Verpflanzung des PT.
STOFFEL	1918	FCU → EDC, EPL FCR → ECRB FDS III → APL, EPB	Zusätzlich wird u.U. der PL auf die Insertion des FCR verpflanzt.
MCMURRAY	1919	FCU → ED III, IV, V FCR → EPL, EPB, ED II PT → ECRL, ECRB	sehr ähnlich JONES.
BILLINGTON	1922	FCU → EDC, ED V FCR → EPL, APL, EPB PT → ECRL, ECRB	-
STILES	1922	FCR → EDC, EPL PL → APL, EPB PT → ECRL, ECRB	-
BASTOS	1926	FCU → ECU FCR → EDC, EPL Sup. long. → ECRL, ECRB	nur anzuwenden, wenn der Supinator long. intakt ist.- Zusätzlich Verkürzung der Sehnen von ECRL, ECRB.
STARR I II	1933	FCR → EDC, ED II PL → EPL, APL, EPB PT → ECRL, ECRB FCR → EDC, EPL, APL, EPB PT → ECRL, ECRB	siehe auch Tabelle "Tiefe Läsion". - Methode II: wenn der PL nicht angelegt ist. Zit. bei CAMITZ (1934) u. ZACHARY (1946).
CAMITZ	1934	FCR → EDC PL → EPL, APL PT → ECRL, ECRB	ähnlich STILES.
SWART	1934	FCU → ED III, IV, V FCR → EPL, EPB, ED II PT → ECRL, ECRB	identisch MCMURRAY ! Zit. bei DOMENICONI u. TRABUCCHI (1955)
GHORMLEY / CAMERON	1940	FCU → EDC, ED V FCR → EPL, EPB, ED II PT → ECRL, ECRB	sehr ähnlich BILLINGTON.

Fortsetzung: Verfahren mit d r e i Kraftspendern (Tab. 10).

Autor	Jahr	Spender → Empfänger	Bemerkungen
STEINDLER I	1940	FCU → EDC FCR → EPL, APL PL → EPB	kein eigener Kraftspender für die Handstrecker.
II		FCU → EDC FCR → EPL PL → APL, EPB	
ABBOTT	1944	FCU → EDC FCR → EPL, APL, EPB PT → ECR	sehr ähnlich BILLINGTON.
BUNNELL I	1944	FCU → EDC FCR → APL PL → EPL PT → ECRL	ungünstig: kein Beuger wird belassen (ZACHARY).
II		FCU → ED III, IV, V FCR → EPL, ED II PT → ECRL	vom reaktivierten ECRL wird ein Sehnenzügel zum APL abgespalten.
III		FCU → EDC FCR → APL PT → ECRL	-
IV		FCR → EDC PT → ECRL	vom reaktivierten ECRL wird ein Sehnenzügel zum APL abgespalten.
(V)			vgl. Tabelle "Tiefe Läsion"!
ALTMAN / TROTT	1946	FCU → EDC, ED II, ED V FCR → APL, EPB (u.U. zusätzl. APL) PT → ECRL, ECRB	evtl. zusätzlich: PL → APL. Ähnlich BILLINGTON.- Vgl. Tabelle "Tiefe Läsion".
GUILLEMINET / DUBOST	1946	FCU → EDC FCR → EPL, APL, EPB PL →	Tenodese: ECRL und ECRB am Radius-Periost. - (Zachary, 1946)
ZACHARY	1946	FCU → EDC PL → EPL, APL, EPB PT → ECR	Ein Beuger (FCR) wird als "wrist stabilizer" belassen.
LUCKEY / MCPHERSON I	1947	FCU → EDC FCR → EPL, ED II PL → APL, EPB PT → ECRL, ECRB	vgl. Einwand von ZACHARY. Variante: der FDS IV wird als Beuger der Hand auf die PL-Insertion genäht.
II		FCR → EPL, APL, EPB FDS V → ED IV, ED V FDS II → ED II, ED III	Ungünstigere Daumenversorgung als in Verf. I.

Fortsetzung: Verfahren mit d r e i Kraftspendern (Tab. 10).

Autor	Jahr	Spender→Empfänger	Bemerkungen
SAIKKU	1947	FCU → EDC, EPL PCR → APL, EPB PT → ECRL, ECRB	vgl. auch Tabelle "Tiefe Läsion".
M. LANGE	1947/ 1951	FCU → EDC PCR → APL, EPB PL → EPL	Tenodese: klassisch nach PERTHES. - Verbessertes PERTHES-Verfahren mit günstigerer Daumenversorgung.
SCUDERI	1949	FCU → ED III, IV, V PCR → EPL, ED II PL → EPB	Kein eigener Spender für die Handstrecker.
BROOKS	1949	FCU → EDC, EPL PL → APL, EPB PT → ECRL, ECRB	identisch MERLE D'AUBIGNE
MERLE D'AUBIGNE	1949/ 1953	FCU → EDC, EPL PL → APL, EPB PT → ECRL, ECRB	identisch BROOKS, aber unabhängig von ihm. - Evtl. FDS III statt PL.
ISELIN	1959	FCU → EDC PL → EPL PT → ECRB	falls PL fehlt: FCU → EDC, EPL. - Tenodese der Sehnen des APL und EPB.
GELBKE	1963	FCU → EDC, EPL PCR → APL PT → ECRL, ECRB	ähnlich SAIKKU.
MOBERG / NACHEMSON	1967	FCU → EDC PL (o. FDS IV) → APL PT → ECRL	Technik: End-zu-End-Naht, Eröffnung d. Sehnenscheid. - Es werden mehrere OP-Pläne angegeben, der nebenstehende ist ein Beispiel.
BLAUTH / KÖNIG	1973	FCU → EDC PL → EPL PT → ECRB	Tenodese: APL, EPB. - Identisch ISELIN !
BUCK-GRAMCKO	1973	FCU → EDC PL → EPL PT → ECRL, ECRB	PL: durch das Spat. inteross. verpflanzt. - APL, EPB: bewußt nicht aktiviert.
LAMB	1980	FCU → EDC, EPL PL → APL PT → ECR	sehr ähnlich MERLE D'AUBIGNE.

9.) VERFAHREN MIT VIER KRAFTSPENDERN

Allgemeines:

Operationspläne mit vier Kraftspendern bauen auf solchen mit drei Spendermuskeln auf; auch hier wird also in den allermeisten Fällen der M. pronator teres zur Handextension eingesetzt.

Der zusätzliche vierte Spender soll die Daumenfunktion verbessern: bei den üblichen Methoden etwa nach BROOKS (1949) und MERLE D'AUBIGNE (1953) übernimmt ein Spender den M. abd. poll. longus und den M. ext. poll. brevis, während der Muskel - meist der M. flexor carpi ulnaris - zur Aktivierung des M. ext. digit. communis auch noch mit dem M. ext. poll. longus gekoppelt wird. Infolge unterschiedlicher anatom. Lage, Zugrichtung und Amplitude ist es ungünstig, alle drei ausgefallenen Daumenmuskeln zusammen mit einem Spender zu vernähen.

Bei den typischen Methoden mit vier Kraftspendern wird nun der M. extensor poll. longus individuell versorgt, d.h. er erhält einen eigenen zusätzlichen (vierten) Kraftspender, typisch z. B. bei MARTINI und ZELLNER (1976). Man verspricht sich davon eine verbesserte Daumenfunktion.

Kritisch wäre bei diesem Konzept anzumerken, daß die Zahl der Überpflanzten Muskel schon fast zu hoch wird: die vier notwendigen Spender sind u.U. nur schwierig freizumachen. Ein Beuger muß ja - folgt man ZACCHARY (1946) - mindestens belassen werden. Es bleiben übrig: M. flexor carpi ulnaris, M. palmaris longus und die oberflächlichen Fingerbeuger (wenn der M. flexor carpi radialis belassen wird). Sobald aber der variable M. palmaris longus nicht angelegt ist, müssen außer dem M. pronator teres und dem M. flexor carpi ulnaris schon zwei dieser oberflächlichen Fingerbeuger herangezogen werden. Es ist dann zu prüfen, ob der Gewinn bezüglich der Daumenfunktion durch den vierten Spender nicht durch die Nachteile einer immer komplizierter werdenden Operationstechnik und durch Beeinträchtigungen infolge Verlustes der ursprünglichen Spenderfunktionen wieder zunichte gemacht wird.

Dieser Einwand scheint umso mehr zuzutreffen, da der M. ext.

digit. communis und der M. ext. poll. longus in Bezug auf Zugrichtung, Lage und Bewegungsamplitude sehr gut zusammen mit einem Kraftspender verbunden werden können. Die Ergebnisse unserer Nachuntersuchungen zeigen jeden Falls, daß man durch derartige Verfahren durchaus sehr gute Daumenfunktionen erzielen kann, die auch beim Einsatz von vier Kraftspendern wohl kaum mehr besser werden können.

Tabelle 11 : Verfahren mit v i e r Kraftspendern.

Autor	Jahr	Spender → Empfänger	Bemerkungen
BUNNELL	1944	Methode "I"	vgl. Tabelle "Drei Kraftspender".
LUCKEY / MCPHERSON	1947	Methode "I"	vgl. Tabelle "Drei Kraftspender".
DOMENICONI	1955	FCU → EDC FCR → EPL PL → APL PT → ECRL, ECRB	Einwand von ZACHARY !
BOYES	1960	FCR → APL FDS III → EDC FDS IV → EPL, EDII PT → ECRL, ECRB	FDS III, IV werden durch das Spat. inteross. geführt, FCU bleibt in situ. - Zit. bei BARTON (1973) u. CHUINARD et al. (1978).
GOLDNER	1974	FCU → EDC FDS IV → EPL FDS III → } ECRB PT → } ECRB	FDS III durch das Spat. inteross. verpflanzt. - Beachte: zwei Spender für den ECRB. - Siehe auch Tabelle "Tiefe Läsion" !
MARTINI / ZELLNER	1976	FCU → EDC PL → APL, EPB FDS IV → EPL PT → ECRL, ECRB.	-

3.) VERFAHREN, DIE SPEZ. FÜR DIE T I E F E RADIALISLÄSION VORGEGEHEN SIND

Allgemeines:

Die typischen Ausfallerscheinungen und das klin. Bild der tiefen Radialisläsion (Supinatorlogensyndrom) werden an anderer Stelle ausführlich dargelegt und bedürfen hier keiner weiteren Erwähnung. (vgl. S. 12).

Die Operationspläne für die tiefe Läsion zeichnen sich durch zwei Besonderheiten aus: zum einen erübrigen sich Maßnahmen Stützung des Handgelenks, es wird also weder eine Tenodese noch die Verpflanzung des M. pronator teres als "drittem Kraftspender" auf die Handstrecker nötig sein. Zum zweiten bleiben die beiden Mm. ext. carpi radiales intakt und können, u.U. ihrerseits als Kraftspender verpflanzt werden. Dies ist jedoch nicht unumstritten, da der M. ext. carpi ulnaris gelähmt bleibt und damit - obwohl letzterer hauptsächlich ulnar-abduzierend wirkt und nur zusammen mit den radialen Extensoren eine streckende Komponente entwickelt - die Funktion der Handgelenks-Strecker doch beeinträchtigt wird: es bleibt zu überlegen, ob die sowieso geschwächten Handextensoren durch Verpflanzung eines der radialen Extensoren noch weiter beeinträchtigt werden dürfen. (Andererseits wird dies von mehreren Autoren, z.B. BARTON 1973, beürwortet).

Unter Berücksichtigung der genannten Punkte kommen als Operationspläne bei der tiefen Läsion die entsprechenden Modifikationen aller o.g. Methoden in Frage: z.B. alle Methoden mit drei Kraftspendern, wobei dann der für die Handstrecker vorgesehene M. pronator teres entfällt. Recht gut geeignet sind ferner die meisten der Verfahren mit zwei Kraftspendern (z.B. HILBLER, 1976). Nur ganz wenige Autoren beschreiben ein speziell für die tiefe Läsion zugeschnittenes und nur hier indizierte Verfahren; sie werden in dieser Gruppe zusammengestellt.

Tabelle 12 : Verfahren, die spez. für die t i e f e
Radialisläsion vorgesehen sind.

Autor	Jahr	Spender → Empfänger	Bemerkungen
DROBNIK	1896	ECRL → EDC ECRB → EPL	Der ECRB wurde in 2. Sitzung verpflanzt, dabei in zwei Hälften gespalten und nur die eine davon auf den EPL genäht. - Erste publizierte Radialisplastik überhaupt. -
ROCHET	1897	ECRL → EPL, ED II	zit. bei SCUDERI (1898)
FISCHER	1915	ECRL → EPL, APL, EPB BR → EDC	vgl. Tabelle "Zwei Spender".
MANASSE I	1917	FCU → ECU FCR → EDC BR → APL, EPB	FCR: durch das Spat. inteross. verpflanzt.
II		FCR → EDC PL → EPL BR → APL, EPB	FCR und PL durch das Spat. interosseum verpflanzt. - Einer der wenigen Autoren, die den BR als Spender verwenden.
STARR (III)	1922	FCR → EDC, EPL PL → APL, EPB	vgl. Tabelle "Drei Spender".
(IV)		ECRL → EDC FCR → EPL, APL, EPB	
BUNNELL (V)	1944	ECRB → EDC, EPL PL → APL	Statt des PL kann auch der FCR oder ein Sehnenzügel des ECRL benutzt werden.
ALTMAN / TROTT	1946	FCU → EDC, ED II, ED V FCR → EPL, EPB	vgl. hierzu und zu BUNNELL die Tabelle "Drei Spender". - U.U. wird auch der APL noch vom FCR versorgt.
PHALEN	1947	FCU → EDC PL → APL, EPB ECRB → EPL	Zit. bei LUCKEY u. MCPHERSON (1947).
SAIKKU	1947	FCU → EDC, EPL ECRL → APL, EPB	vgl. Tabelle "Drei Spender".
SCHIEWE / PITZLER / FREUND	1971	FCU → EDC, EPL FCR → APL, EPB	Vom FCR wird nur ein Sehnenzügel abgespalten und verpflanzt. - Ähnlich HASS.

Fortsetzung: Verfahren, die spez. für die tiefe
Radialisläsion vorgesehen sind (Tab. 12).

Autor	Jahr	Spender → Empfänger	Bemerkungen
NIGST	1972	ECRL → EDC, EPL PL → APL, EPB	zurückgehend auf BUNNELL.
GOLDNER	1974	FCU → EDC ECRL → EPL FDS IV → ECU	Die Aktivierung des ECU erfolgt nur fakultativ (zur Vermeidung von Radialisabduktion). - Vgl. Tabelle "Vier Spender".

4.) SONSTIGE VERFAHREN.

In dieser "Restgruppe" sind die Methoden zusammengestellt, die sich in die anderen Gruppen nicht einordnen lassen.

a.) Rein fixierende Verfahren:

Dabei handelt es sich zunächst um vier historische Verfahren, die keinerlei aktive Kraftübertragung vorsehen: MÜLLER, EGLOFF und ANSINN mißtrauten der Muskelverpflanzung und beschränkten sich auf rein fixierende Operationstechniken, wobei das Handgelenk durch eine Tenodese oder einen verpflanzten Faszienstreifen in Streckstellung gehalten wird. Diese Technik wird recht gut mit dem Schlagwort "innere Radialis-schiene" beschrieben.

DUMPERT schließlich kam quasi zufällig auf seine Methode: er wollte damit die Effekte nachahmen, welche er bei einem Patienten beobachtete, der eine "unfreiwillige" Tenodese durch Verwachsung aller gelähmten Strecksehnen davontrug.

Tabelle 13.: Fixierende Operationen.

Autor	Jahr	Operationstechnik
MÜLLER	1915	Ein transplantierte Faszienstreifen aus der fascia lata fixiert die Hand in Dorsalflexion.
EGLOFF	1916	Tenodese der Sehnen von ECRL, ECRB und ECU durch periostale Anheftung, außerdem Sehnenraffung von EDC und EPL.
ANSINN	1917	Einspannen eines transplantierten Streifens aus der fascia lata zwischen Ulna und Metacarpale II. Bei Regeneration des N. radialis ist das Faszientransplantat wieder ohne bleibende Schäden entfernbare.
DUMPERT	1922	Tenodese aller ausgefallenen Streckere (gelähmte Daumenmuskeln, Handstreckere und insbesondere auch EDC) am Unterarm.

b.) Verfahren zur Wiederherstellung der Supinationsfähigkeit:

Die Radialisläsion betrifft auch die Supinatoren, daher sind die hier genannten Methoden ebenfalls in gewissem Sinne "Radialisersatzplastiken".

Wie bereits erwähnt (vgl. S. 12), können Patienten mit Radialislähmung in den meisten Fällen immer noch ausreichend supinieren mit Hilfe des M. biceps . Ersatzoperationen zur Wiederherstellung der Supination sind daher fast immer unnötig.

Dennoch habe ich in der Literatur drei Verfahren gefunden: TUBBY und HOFFA verwandeln den M. pronator teres in einen Supinator, wobei ersterer den Ansatz und letzterer den Ursprung (!) des M. pronator teres verpflanzt. - STEINDLER verlagert M. flexor carpi ulnaris, so daß dieser als neuer Supinator wirken kann.

Diese Verfahren kommen auch deshalb praktisch nie zur Anwendung, weil die benutzten Spender viel nötiger zum Ersatz, der ausgefallenen Hand- und Fingerstrecker gebraucht werden.

Tabelle 14 : Ersatz der Supination.

Autor	Jahr	Spender	Empfänger	Bemerkungen
TUBBY	1901	PT → FCR →	} Radius	Zit. bei VULPIUS u. STOFFEL (1913). - Der PT wird am Ansatz abgetrennt und wie der FCR durch das Spat. inteross. an die radial-volare Seite des Radius genäht.
HOFFA	1901	PT →	Epicondyl. lat. humeri	Zit. bei VULPIUS u. STOFFEL (1913). - Der PT wird am Ursprung abgetrennt und oberhalb des M. supinator periostal angeheftet. - Vgl. Tabelle "Ein Spender".
STEINDLER	1947	FCU →	Radius	Periostale Anheftung am unteren Radius-Ende. - Vgl. Tabelle "Drei Spender".

c.) Ersatz des M. triceps:

Der M. triceps ist - zumal in Friedenszeiten - nur sehr selten mitbetroffen (z.B. bei Plexusläsion). Bei der typischen hohen Radialisläsion bleibt er i.d. R. intakt.

Zu seinem Ersatz existieren einige Verfahren, die aber nach BUN ELL (1958) alle nicht zufriedenstellend sind. Der Effekt der Schwerkraft kompensiert aber den Ausfall etwas.

Folgende Möglichkeiten wurden zum Ersatz des M. triceps beschrieben:

<u>Tabelle 15 : Ersatz des M. triceps.</u>			
Autor	Jahr	Spender→Empfänger	Bemerkungen
VULPIUS / STOFFEL	1913	M. deltoideus →M. triceps	Entweder Abspalten eines Lappens vom M. deltoideus, oder: Caput lat. et long. des M. triceps werden hoch oben vom Knochen gelöst und in den M. deltoideus eingepflanzt.
PITZEN	1923	M. pectoralis maior→M. triceps	--
WITT	1947	M. latissimus dorsi→M. triceps	Unter Berufung auf F. LANGE.

II.) DETAIL - BESPRECHUNG AUSGEWÄHLTER METHODEN.

1.) Vorbemerkungen - Auswahlkriterien:

Leider ist eine ausführliche Darstellung aller Methoden im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Es sollen aber im Folgenden wenigstens einige der interessantesten Verfahren näher beschrieben werden.

Die Auswahlkriterien, nach denen diese Methoden aus der Fülle der existierenden Vorschläge ausgesucht wurden, richten sich dabei in erster Linie nach der praktischen Anwendbarkeit aufgrund moderner Anschauungen sowie nach der besonderen historischen Bedeutung.

Im Übrigen verweise ich auf die tabellarische Zusammenstellung der verschiedenen Methoden und insbesondere - für weitergehende Interessen - auf das Literaturverzeichnis. Auf folgende Werke möchte ich dabei besonders hinweisen, weil sie - wenn auch bei weitem nicht annähernd alle - so doch einige wenige Methoden näher beschreiben:

- NIGST (1972)
- SCHOCH (1951)

2.) Methode JONES (1917/1921):

Die Originalarbeit von 1917 war mir nicht zugänglich. Die Darstellung folgt dem Aufsatz aus dem Jahr 1921.

Prinzip:

Sir Robert JONES führte den M. pronator teres als bis heute in dieser Funktion konkurrenzlosen Kraftspender für die aktive Handstreckung ein. Während bis dato nur Methoden mit Tenodese oder im Sinne des "Teil-PERTHES" diskutiert wurden, so etablierte JONES das "Verfahren mit dem dritten Kraftspender" für das Handgelenk: der Grundgedanke besteht darin, von insgesamt drei Spendern je einen in der Hauptsache für die Wiederherstellung der Daumenfunktion, der Fingerstrecker und der radialen Handextensoren zu verwenden.

Um eine individuelle Zeigefinger-Funktion zu erzielen, kopelte JONES die Zeigefinger-Strecksehne nicht an den die anderen Langfinger-Strecker aktivierenden Kraftspender.

Bei der tiefen Radialisläsion operiert JONES in derselben Weise, nur ohne Verpflanzung des M. pronator teres.

Operationsplan: (vgl. Abb. 8)

PT → ECRL, ECRB

FCR → EPL, APL, EPB, ED II

FCU → ED III, IV, V.

Technik:

- 1- Inzisionen: dorsaler "J"-Schnitt, dessen unteres Ende direkt über dem Handgelenk beginnt. Volar: geradlinige Inzision in der Mittellinie.
- 2- Auf der Streckseite wird der M. pronator teres identifiziert, vollständig von seiner Insertion abgelöst und nach der Knopfloch-Technik in die beiden radialen Handstrecker eingenäht.
- 3- Auslösen und mobilisieren des radialen und ulnaren Handbeugers.
- 4- Der M. flexor carpi radialis wird subkutan um den Radius nach dorsal verlagert und die Sehnen der drei ausgefal-

lenen Daumenmuskeln sowie in die Strecksehne des Zeigefingers eingeflochten.

- 5- Einflechten des M. flexor carpi ulnaris nach Überführung um die Ulna-Kante in die Strecksehnen der übrigen Finger, also des III. bis V. Fingers. Alle Sehnennähte erfolgen unter leichter Spannung.

Kritik:

JONES gebührt hervorragende Bedeutung für seine Pionierleistung, da heute praktisch alle gängigen Methoden für die hohe Radialisläsion den M. pronator teres in dieser Weise benutzen.

Dabei wird diese Technik allgemein gegenüber Verfahren mit Handgelenks-Tenodese bevorzugt.

Das Verfahren von JONES hat auch diejenigen Methoden in Vergessenheit fallen lassen, die aktive Handstreckung durch Einsatz anderer Kraftspender erreichen wollen. Nach MERLE D'AUBIGNÉ (1953) ist der von JONES verwendete M. pronator teres unvergleichlich besser hierfür geeignet als beispielsweise der von STOFFEL (1918) vorgeschlagene M. flexor carpi radialis.

Eine gewisse Schwachstelle der Originalmethode von JONES liegt in der ungenügenden Daumenversorgung: wie oben (S. 74) ausführlich dargestellt, empfiehlt es sich nicht, alle drei gelähmten Daumenmuskeln mit nur einem gemeinsamen Kraftspender zu versorgen.

Ein zweiter Nachteil liegt in der Verwendung beider Handbeuger, nach ZACHARY (1946) sollte der M. flexor carpi radialis besser belassen werden.

Während sich das Verfahren von JONES im angelsächsischen Raum sofort durchsetzte und mit zahlreichen geringfügigen Modifikationen weit verbreitet wurde (vgl. Tabelle 10), blieb das Prinzip des M. pronator teres als drittem Spender in Deutschland über Jahrzehnte hinweg praktisch völlig unbekannt.

3.) Methode PERTHES (1918):

Literatur: vgl. auch andere Arbeiten von PERTHES (1917, 1919, 1922)

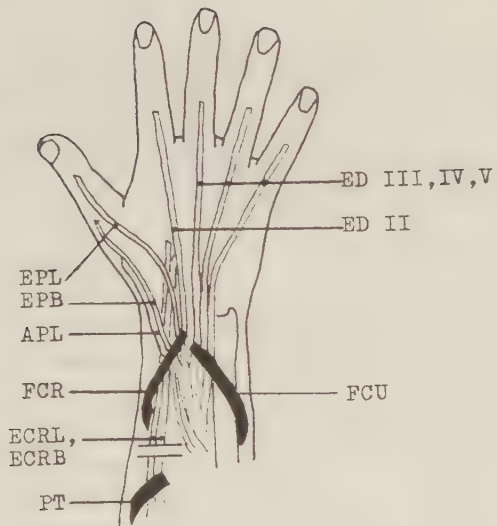


Abb. 8 :

(nach NIGST, 1972)

Methode

JONES (1917).

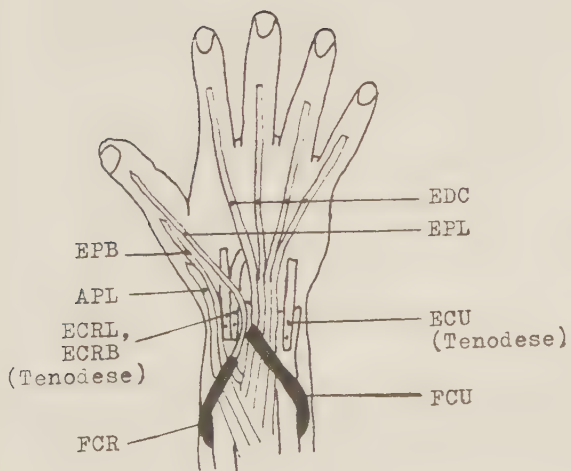


Abb. 9 :

(nach NIGST, 1972)

Methode

PERTHES (1918)

(klassisch).

Mit dem Namen PERTHES verbinden sich mehrere Verfahren, nämlich die sog. "Große PERTHES-Plastik" (auch "Voll-PERTHES" genannt und nochmals zu unterteilen in "klassische" bzw. "modifizierte" Methode) und die "Kleine PERTHES-Plastik" (auch "Teil-PERTHES"). Sie sollen der Reihe nach dargestellt werden:

: a.) Klassischer "Voll-PERTHES":

Prinzip:

Dieses Verfahren wurde von Georg PERTHES 1917 entwickelt und in einer bahnbrechenden Arbeit 1918 vorbildlich ausgearbeitet vorgestellt.

PERTHES ging aus von den Pionieren der Radialisplastik FRANKL und VULPIUS: Die beiden Kraftspender *M. flexor carpi rad. et. ulnaris* verwendete er wie diese, ersteren für den Daumen und letzteren für die Fingerstrecker. Zur Stützung des Handgelenks entwickelte PERTHES die bislang beste und sicherste Technik der Tenodese (vgl. S. 91), die auch heute noch bis ins Detail in derselben Weise wie von PERTHES beschrieben durchgeführt wird. Aufgrund seiner Erfahrungen trat PERTHES entschieden für eine Tenodese ein, da nur sie einen festen Faustschluß garantieren könne, eine besonders für schwer arbeitende Menschen wichtige Forderung. PERTHES operierte jedoch auch einige Fälle ohne Tenodese und empfahl in einer späteren Arbeit (1922), entsprechend dem Beruf des Patienten auf die Tenodese zu verzichten, wenn Wert auf diffizile Tätigkeiten in Handbeugestellung gelegt werde.

Mit einem "dritten Kraftspender" experimentierte PERTHES ebenfalls, er benutzte - einzigartig unter allen Methoden! - den *M. flexor pollicis longus* (FPL) und führte folgenden Operationsplan in 2 Fällen durch:

FCU → EDC

FCR → ECRB (vgl. STOFFEL, 1919)

FPL → EPL, APL, EPB.

Das Resultat befriedigte in beiden Fällen nicht: zwar gute Handstreckung, aber deutlich schlechtere Daumenfunktion. Andere Kraftspender wurden von PERTHES offenbar nicht in Betracht gezogen.

Operationsplan (klassische PERTHES-Plastik; vgl. Abb 9) :

FCU → EDC

FCR → EPL, APL, EPB

Tenodese: ECRB durch einen Knochenkanal im Radius,
ECRL, ECU Anheftung am Radius/Ulna-Periost.

Technik:

- 1- Auslösen der Kraftspender: zwei volare je 14 cm lange Inzisionen über radialem und ulnarem Handbeuger. Der M. flexor carpi ulnaris wird 10-12 cm weit unter Opferung distal eintretender Gefäße, der M. flexor carpi radialis 12-13 cm weit ausgelöst. Dabei soll anliegendes lockeres Bindegewebe möglichst an Sehnen- bzw. Muskeloberflächen belassen werden.
- 2- Vorbereitung der Tenodese: Dorsal wird ein 14 cm langer Median-Schnitt angelegt und von dort aus zwei Subkutan-Tunnels gebohrt, die ca. 8 cm oberhalb des Handgelenks um Radius bzw. Ulna herum zu den Inzisionen der Beuge-seite verlaufen. Die Sehne des M. ext. carpi rad. brevis wird vom Muskelbauch abgetrennt, ebenso die des M. ext. poll. longus, M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis. Anschließend erfolgt das Bohren eines Knochenkanals von 7 mm Durchmesser in der unteren Radiusepiphyse. Die Sehne des M. ext. carpi rad. brevis wird hindurchgezogen; der Schluß der Sehnenschlinge erfolgt aber zunächst noch nicht, um die Hand zwecks Bestimmung des Spannungsgrades bei der Verpflanzung der Kraftspender frei hängen lassen zu können.
- 3- Verpflanzung des ulnaren Spenders: die vier M.-ext.-digit.-communis-Sehnen werden möglichst hoch abgetrennt. Der M. flexor carpi ulnaris wird nach dorsal durchgezogen und seine Sehne zweimal geschlitzt. Die vier Fingerstrecksehnen werden zu zwei Paaren zusammengefaßt und nach dem Schema der Abb. 7 (S. 106) mit dem M. flexor carpi ulnaris vereinigt. Die Verflechtung erfolgt bei 30° dorsalflektiertem Handgelenk und vollständig gestreckten Fingern unter nur ganz leichter Spannung, so daß nach der Vernähung die losgelassene Hand um nicht mehr als 30° gebeugt steht.

- 4- Vollendung der Tenodese: Die M.-ext.-carpi-rad.-brevis-sehne wird schlingenförmig in sich selbst vernäht und zusätzlich am Lig. carpi dors. angeheftet. Die Hand soll dann in 20° Überstreckung fixiert stehen. Als zusätzliche Sicherung werden M. ext. carpi rad. longus und M. ext. carpi ulnaris seitlich am Radius- und Ulna-Periost ange-
näht.
- 5- Verpflanzung des radialen Kraftspenders: Nach Überführung des M. flexor carpi radialis nach dorsal werden die Sehnen von M. ext. poll. longus und M. ext. poll. brevis durch ein Knopfloch in der Kraftspender-Sehne gezogen und entlang dieser vernäht. Die des M. abd. poll. longus wird spiralförmig um die mit den anderen beiden Daumensehnen vereinigte M.-flexor-carpi-radialis-Sehne herumgeschlagen und ebenfalls auf diese aufgenäht. Die Vereinigung erfolgt in Abduktions- und Extensionsstellung des Daumens. - Lösen der Blutleere, sorgfältige Blutstillung und Verschluß der Hautwunden.

Kritik:

Zu den Vor- und Nachteilen der Tenodese sowie zu ihrer Indikation siehe S. 85.

Die Versorgung aller drei defekten Daumenmuskeln mit einem einzigen Spender ist ungünstig (vgl. S. 74).

Die von PERTHES angegebene Sehnennaht-Technik ist nicht stabiler, aber komplizierter als die typische End-zu-Seit-Verflechtung (SAKKU, 1947), ermöglicht aber besser das Einhalten einer geradlinigen Zugrichtung nach Durchtrennung der Empfängersehnen.

b.) Modifizierter, verbesserter "Voll-PERTHES":

Den Nachteil der insuffizienten Daumenversorgung bei seiner Originalmethode hat PERTHES bald selbst erkannt und 1922 in einer weiteren Arbeit diesen Mangel beseitigt:

Entsprechend den Vorschlägen von HASS (1919) und STOFFEL (1919) verbindet PERTHES nur noch die beiden bezüglich Topographie und Zugrichtung sowie Amplitude zueinander passenden Daumenmuskeln M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis

mit dem radialen Kraftspender. Der M. ext. poll. longus paßt gut zum M. ext. digit. communis und wird zusammen mit diesem auf den M. flexor carpi ulnaris genäht.

In dieselbe Richtung zielt die von M. LANGE (1951) angegebene Modifikation durch Hinzuziehung des M. palmaris longus als individuellem Spender für den M. ext. poll. longus:

PL → EPL

PLP → APL, EPB

PL → EPL

Tenodese: wie oben.

Die von PERTHES verbesserte "Große Plastik" (oder die Variante M. LANGES) ist auch heute noch die Methode der Wahl, wenn eine Tenodese indiziert ist.

c.) "Teil-PERTHES" :

Als "Teil-PERTHES" werden zusammenfassend alle Operationspläne bezeichnet, die unter Einsatz von zwei Kraftspendern auf die Tenodese verzichten.

Die typische Form des "Teil-PERTHES" ist die Methode von HASS (1919):

FCU → EDC, EPL

FLR → APL, EPB .

HASS übernimmt also die verbesserte PERTHES-Technik, wobei er allerdings die Tenodese wegläßt. Die Aufgabe der aktiven Handhebung wird hier dem M. flexor carpi ulnaris zugewiesen. Nach heute vorherrschender Meinung liefert der "Teil-PERTHES" bei Fällen mit hoher Radialisläsion schlechtere Resultate als eine Methode mit drei Kraftspendern (M. pronator teres für die Handstrecker) oder die "Große PERTHES-Plastik" (Tenodese) - vgl. die Ergebnisse von SAIKKU (1947), S. 94 . Der "Teil-PERTHES" sollte deshalb nur noch bei tiefer Radialisläsion zur Anwendung kommen.

4.) Methode BROOKS (1949) und MERLE D'AUBIGNE (1949/1953):

MERLE D'AUBIGNE's Arbeit von 1949 war mir nicht zugänglich, ich folge der Darstellung von 1953.

Wenn man sich - trotz aller Vorsicht vor starren Schemata - bei der Behandlung der irreparablen hohen Radialisläsion auf eine "Methode der Wahl" festlegen will, so kommt hierfür am ehesten das Verfahren von BROOKS und MERLE D'AUBIGNE in Frage.

In diesem Zusammenhang ist der Name des französischen Autors MERLE D'AUBIGNE allgemein bekannt.

Gänzlich unbekannt ist dagegen, daß der Engländer BROOKS zur selben Zeit (1949), aber unabhängig von MERLE D'AUBIGNE exakt denselben identischen Operationsplan entwickelte. Aus diesem Grunde bezeichne ich das Verfahren mit den Namen beider Autoren, folge aber im Weiteren der hierzulande und auch allgemein weiter verbreiteten und etwas "eingängigeren" Darstellung von MERLE D'AUBIGNE.

Prinzip:

Auf den ersten Blick ist diese Methode nur eine weitere der zahlreichen typischen Varianten mit drei Kraftspendern, die allesamt mit mehr oder weniger geringfügigen Unterschieden eine Modifikation der JONES-Methode darstellen. Solche Modifikationen stammen u.a. von: BILLINGTON' (1922), STILES (1933), STARR (1933), SWART (1934), ABBOTT (1944), SAIKKU (1947), vgl. Tabelle 10.

Bei näherem Hinsehen stellt sich jedoch heraus, daß gegen alle diese Verfahren kritische Einwände möglich sind, welche meist auf eine insuffiziente Versorgung des Daumens oder auf eine Nichtbefolgung der Regel ZACHARYs (1946) hindeuten.

Nur die Methode BROOKS - MERLE D'AUBIGNE berücksichtigt alle diese Einwände und kann daher - zumindest von der Theorie her - als ideal bezeichnet werden.

MERLE D'AUBIGNE kombinierte sein Verfahren aus den Ideen von JONES (1921), STOFFEL (1919) und ZACHARY (1946):

- mit ZACHARY vermeidet er den Irrtum von JONES und STOFFEL, welche den M. flexor carpi radialis verpflanzten.

- Wie diese beiden Autoren verwendet er den M. flexor carpi ulnaris für die Fingerstrecker.
- Von JONES übernahm er die Aktivierung der radialen Handstrecker durch den M. pronator teres.
- Nach STOFFEL versorgte er M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis gesondert mit einem eigenen Kraftspender, während der M. ext. poll. longus zusammen mit dem M. ext. digit. communis vom M. flexor carpi ulnaris aktiviert wird.

Operationsplan: (vgl. Abb. 10)

PT → ECRL, ECRB

PL → APL, EPB

FCU → EDC, EPL

(Falls der PL nicht angelegt ist, wird der FDS III verwendet.)

Technik:

-1- Schnittführung von MERLE D'AUBIGNE:

- a.) 8 cm langer volarer Längsschnitt über dem M. flexor carpi ulnaris.
- b.) Zweite volare Inzision quer und etwa der Handgelenkslinie entsprechend. Der zweite Schnitt bildet also die Basis, der erste den aufsteigenden Schenkel eines "L", wobei beide Inzisionen am Winkel aber nicht zusammenlaufen.
- c.) Dritter Schnitt zur Verpflanzung des M. pronator teres, 6 cm lang, etwa in Unterarmmitte entlang der Linie Epicondylus lat. - Proc. styloideus radii.
- d.) Vierte Inzision dorsal, oberhalb des Lig. carpi dors. schräg von peripher radial nach zentral ulnar diagonal verlaufend.

-2- Dardas Verfahren von MERLE D'AUBIGNE bei unseren Patienten oft und bevorzugt Anwendung fand, soll hier die dabei benutzte von der Originaltechnik abweichende Schnittführung nach SCHINK (1967) erwähnt werden.

Man kommt mit zwei großzügigen Inzisionen aus:

volar ein L-förmiger Schnitt in der Art MERLE D'AUBIGNES,

nur unter Vereinigung der beiden Arme des "L".

Dorsal ein großer wellenförmiger "S"- Schnitt, von dem aus sowohl Finger- und Daumenstrecker wie auch der M. pronator teres und die radialen Handstrecker zugänglich sind.

- 3- Der M. flexor carpi ulnaris wird in typischer Weise abgetrennt und mobilisiert. Präparation eines Subkutan-Kanals.
- 4- Verpflanzung des M. palmaris longus (oder, falls dieser fehlt, eines der oberflächlichen Fingerbeuger) durch einen zweiten Subkutan-Tunnel um den Radius: nach der Knopfloch-Technik Einflechten in die Sehnen von M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis.
- 5- Der M. pronator teres wird durch "Knopflöcher" in den beiden radialen Handstreckern gezogen und unter ausreichender Spannung in Überstreckposition der Hand vernäht.
- 6- Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris: Der Spender wird End-zu-Seit durch die geschlitzten Empfängersehnen des M. ext. digit. communis und des M. ext. poll. longus gezogen. Dabei ist auf die Zugrichtung zu achten: der Kraftspender soll möglichst hoch ausgelöst werden, so daß er unter spitzem Winkel in die Empfängersehnen einstrahlt.

Kritik:

MERLE D'AUBIGNE entwickelte seine Methode nach sorgfältigem Literaturstudium und unter Beachtung aller wichtigen Grundregeln. Er erprobte dieses Verfahren in 54 Fällen. Darunter erzielte er in 15 Fällen eine "normale Handstreckung", in weiteren 38 Fällen eine aktive Handhebung immerhin mindestens bis zur Neutralstellung und in nur 1 Fall eine mangelhafte Handstreckung.

Unter Berücksichtigung der in den vorgehenden Kapiteln besprochenen Grundsätze und Regeln darf der Operationsplan MERLE D'AUBIGNES weitgehend als perfekt beurteilt werden.

Eine Modifikation ist lediglich bezüglich operationstechnischer Details zu diskutieren, z.B. im Sinne einer abgewandelten Schnittführung (s.ö.) oder der neuerdings als wirkungsvoller betrachteten End-zu-End - Vereinigung der Sehnen.

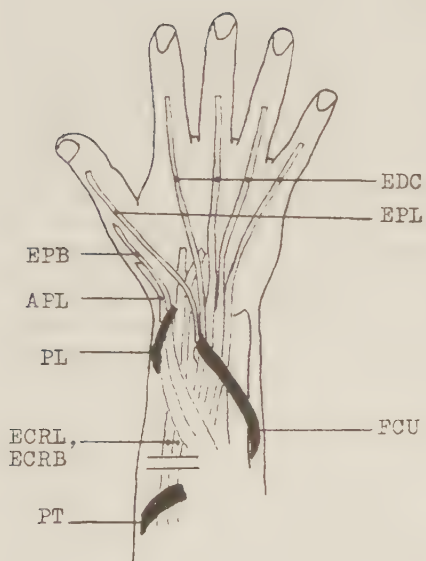


Abb. 10 :

(nach NIGST. ,1972)

Methode

MERLE D'AUBIGNE (1949/53)

Nach dem Vorschlag von GOLDNER (1974) und ISELIN (1959) sollte der M. pronator teres besser nur auf den wichtigsten Handstrecker, den M. ext. carpi rad. brevis, verpflanzt werden: eine zusätzliche Aktivierung auch des M. ext. carpi rad. longus bringt keinen Gewinn, sondern nur vermehrte Radialabduktion.

Einige Autoren (z.B. MARTINI und ZELLNER, 1976, vgl. Tabelle 11) versorgen den M. ext. poll. longus getrennt vom Fingerstrecker durch einen separaten "vierten Kraftspender". - BUYES (zit. bei BARTON, 1973) gibt einem der oberflächlichen Fingerbeuger bei der Aktivierung des M. ext. digit. communis den Vorzug gegenüber dem M. flexor carpi ulnaris.

Aufgrund der Erfahrungen mit unserem Patientengut müssen wir dem ersten Vorschlag abwartend, dem zweiten skeptisch gegenüberstehen: Nach unseren Ergebnissen (vgl. S. 189/190). führt die Methode MERLE D'AUBIGNES zu sehr guten Resultaten! auch bezüglich der Daumenfunktion, und der M. flexor carpi ulnaris hat sich als Spender für die Fingerstrecker günstiger erwiesen.

5.) Methode BUYES (1960):

Die Originalarbeit von 1960 war mir nicht zugänglich. Die Darstellung folgt zum einen der Arbeit von CHUINARD et al. (1978), bei der BOYES als Coautor beteiligt ist, und zum anderen der ausführlichen Beschreibung dieser Methode bei BARTON (1973).

Prinzip:

Die Methode BOYES bietet eine recht interessante Neuerung: BOYES geht aus vom Lehrsatz ZACHARYS, nach dem mindestens einer der drei Handbeuger - radialer und ulnarer Beuger sowie M. palmaris longus - zur Stabilisierung der Hand in situ zu belassen ist. ZACHARY - und auch andere Autoren z.B. SAIKKU (1947) - zogen dafür jedoch immer nur entweder den M. flexor carpi radialis oder den M. palmaris longus in Betracht.

BOYES nun kam auf die gänzlich neue Idee, M. flexor carpi ulnaris als Beuger zu belassen. Er begründet dies damit, daß dieser Muskel der direkte Antagonist der durch den M. pronator teres wieder aktivierten radialen Handstrecker ist: dem-

nach garantiere der M. flexor carpi ulnaris harmonischeres Gleichgewicht der Kräfte als der von ZACHARY vorgeschlagene M. flexor carpi radialis.

Die Idee von BOYES stößt insofern auf Schwierigkeiten, weil der ulnare Handbeuger in fast allen Verfahren der Kraftspender par excellence für die Fingerstrecker ist..

BOYES mußte also einen neuen Spender finden, und verpflanzte anstelle des M. flexor carpi ulnaris den oberflächlichen Beuger des Mittelfingers auf die Fingerstrecksehnen - genauer: auf die des Mittel-, Ring- und Kleinfingers. Der M. flexor digit. superficialis ist nach seiner Ansicht besser für die Aktivierung des M. ext. digit communis geeignet, weil er eine größere Bewegungsamplitude als der M. flexor carpi ulnaris besitzt (vgl. Tabellen 2 u. 3, S. 59/ 62).

Eine weitere Besonderheit stellt die Versorgung des Daumens nach BOYES dar: er übernimmt zwar das STUFFEL'sche Prinzip der Daumenversorgung, benutzt jedoch für den M. ext. poll. longus einen eigenen vierten Kraftspender, nämlich den M. flexor digit. superficialis IV, der zusätzlich noch den Zeigefingerstrecker aktivieren soll. Die damit beabsichtigte individuelle Aktion von Daumen und Zeigefinger erinnert stark an die Originalmethode von JONES.

Da BOYES den M. flexor carpi ulnaris beläßt, gewinnt er den M. flexor carpi radialis als Spender und verpflanzte ihn auf M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis. Seine Methode ist also eines der typischen Verfahren mit vier Kraftspendern (vgl. S. 141).

Operationsplan: (vgl. Abb. 44)

FDS III → ED III, IV, I

FDS IV → EPL, ED II

FCR → APL, EPB

PT → ECRL, ECRB

(FDS III u. IV werden durch das Spat. interosseum gesichert.)

Technik:

-1- Der M. pronator teres wird in typischer Weise - wie schon

- beschrieben - mit den radialen Handstreckern vereiniggt.
- 2- Die beiden oberflächlichen Fingerbeuger sollen möglichst weit nach proximal ausgelöst werden, um die Gefahr einer Medianuskompression bei der Überleitung zu vermeiden.
 - 3- Die Mm. flexores digit. superfic III und IV werden dann proximal des M. pronator quadratus auf die Streckseite verpflanzt (zur Technik vgl. S. 103), also durch das Spat. interosseum.
 - 4- Der M. flexor carpi radialis wird radial durch einen Subkutan-Kanal um den Knochen zur Streckseite überführt. Seine Vernähung mit dem M. abd. poll. longus und dem M. ext. poll. brevis soll etwa in Höhe des Handgelenks erfolgen.

Kritik:

BOYLES operierte 22 Patienten, von denen 21 nachuntersucht wurden. Die Resultate sind "gut", lediglich in 5 Fällen war wegen Riß der Sehnennaht oder Vernarbungen eine Nachoperation notwendig geworden. BOYLES stützt seinen Operationsplan auf theoretische Überlegungen bezüglich Kraft, Bewegungsamplitude und Zugrichtung der Spender/Empfänger.

Die Kritik am BOYES-Verfahren setzt einmal am Operationsplan und zum Zweiten an der Technik an.

Bezüglich der Technik gelten die Einwände, welche gegen eine Überführung durch das Spat. interosseum erhoben wurden (vgl. S. 103). Insbesondere warnte WITT (1947) vor der besonders großen Verwachsungsgefahr, wenn wie bei der BOYES-Methode mehrere Sehnen durch den Zwischenknochenraum geführt werden.

Hinsichtlich des Operationsplans bestehen nach BARTON (1973) Vorbehalte gegen das Belassen des M. flexor carpi ulnaris: besser sei es, den M. flexor carpi radialis (wie von ZACHARY vorgeschlagen) als Beuger intakt zu lassen, weil dieser in einer zentraleren Position zum Handgelenk lokalisiert sei. THOMSEN und BANG-RASMUSSEN (1971) bevorzugen demgegenüber die Technik von BOYES.

Nach dem Vorschlag von BOYES wurde bei 7 der von uns operierten Patienten der M. flexor digit. superficialis (allerdings

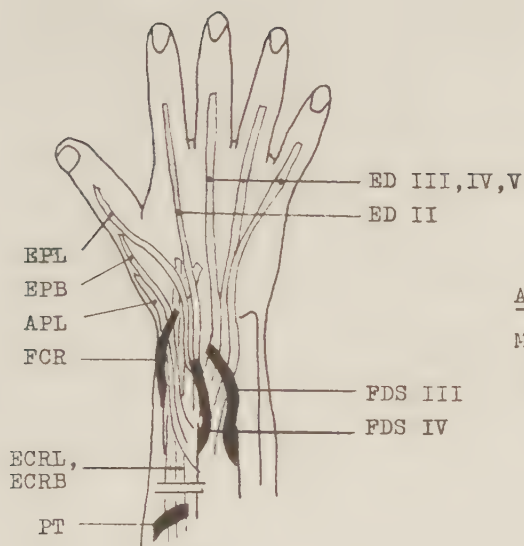


Abb. 11 :

Methode

BOYES (1960).

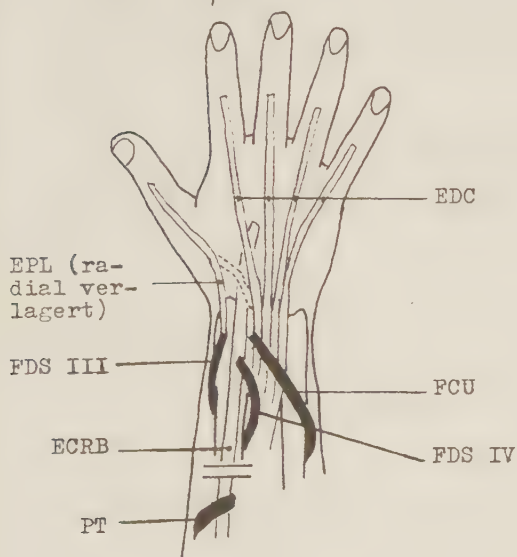


Abb. 12 :

Methode

GOLDNER (1974).

der des Ringfingers) auf die Sehnen des M. ext. digit. communis verpflanzt. 5 dieser Patienten wurden nachuntersucht (Fälle Nr. 5,6,8,11,21). Die Gesamtbeurteilung war dabei 2mal "sehr gut", und je einmal "gut", "mittel" und "schlecht". Besonderen Wert möchte ich auf die Resultate bezüglich der Fingerstreckfähigkeit legen (S. 190): bei den 5 mit dem M. flexor digit. superficialis versorgten Fällen betrug das Streckdefizit der Langfinger durchschnittlich 31° gegenüber der gesunden Hand, bei den 8 mit dem M. flexor carpi ulnaris operierten Fällen dagegen nur 20° .

Ebenso fanden wir bei 5 Fällen, wo nach BOYES der M. ext. poll. longus mit einem oberflächlichen Fingerbeuger und andererseits der M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis mit dem radialen Handbeuger versorgt wurden, ein durchschnittliches Defizit der Daumenabduktion von 30° . Wenn dagegen der M. palmaris longus auf langen Abduktor und kurzen Strecker des Daumens sowie der M. flexor carpi ulnaris auf den langen Daumenstrecker verpflanzt wurden (nach MEKLE D'AUBIGNE, 4 Fälle), so betrug das Abduktionsdefizit nur 19° . (Siehe S. 189).

Nach unseren Erfahrungen liefert das BOYES-Verfahren damit etwas schlechtere Resultate bezüglich Daumenfunktion und Fingerstreckung.

Inwieweit dieses ungünstigere Resultat durch die von BOYES betonte vorteilhafte Rolle des ulnaren Handbeugers als natürlichem Antagonisten der radialen Strecker wettgemacht wird, kann ich nicht beurteilen.

6.) Methode GOLDNER (1974) :

Zum Schluß soll noch das Verfahren des Amerikaners J.L. GOLDNER geschildert werden, der in einer recht ausführlichen Arbeit die Ersatzoperationen bei Ulnaris-, Medianus- und Radialis-Lähmung abhandelte.

Prinzip:

GOLDNER kehrt wieder zu der altbewährten Methode zurück, den M. flexor carpi ulnaris auf die Fingerstrecker zu verpflanzen. Dabei weist er besonders darauf hin, daß dieser Kraftspender nach seiner Verpflanzung immer noch ulnarabdu-

zierend wirkt und daher - insbesondere wenn der M. ext. carpi rad. longus nicht aktiviert wird - keineswegs ein Übergewichtiger Zug nach radial entsteht, wie das im Gegensatz hierzu von BOYES prophezeit wurde.

In Bezug auf die Wiederherstellung der Handgelenkstreckung geht GOLDNER jedoch gänzlich neue Wege. Zunächst ist es demnach weder nötig noch wünschenswert, den M. ext. carpi rad. longus zu aktivieren, da dieser nur zu vermehrter Radialabduktion führen würde. Eine isolierte Versorgung des wichtigeren M. ext. carpi rad. brevis ist wirkungsvoller (vgl. ISELIN, 1959).

Um eine möglichst kräftige Dorsalflexion der Hand zu erzielen und um Vorbehalten gegen den als zu schwach beurteilten M. pronator teres zu begegnen, geht GOLDNER allerdings noch einen Schritt weiter: Er verpflanzt nämlich zusätzlich zum M. pronator teres noch den oberflächlichen Beuger des Ringfingers auf den M. ext. carpi rad. brevis. Damit ist die Methode GOLDNER das einzige Verfahren aus neuerer Zeit, in dem z w e i Spender auf e i n e n Empfänger verpflanzt werden. In dieser Beziehung ist GOLDNERs Operationsplan also einzigartig.

Die zweite Besonderheit liegt in der Daumenversorgung: hier verfährt GOLDNER wie BUCK-GRAMCKO (1973), indem er von den gelähmten Daumenmuskeln n u r den M. ext. poll. longus aktiviert, der allerdings eine andere Verlaufsrichtung erhält. Zu dieser Art der Daumenversorgung vgl. S 77 .

Für die t i e f e Radialisläsion gibt GOLDNER einen zweiten Operationsplan an, in dem er den M. ext. carpi rad. longus als Spender für die Daumenmuskeln benutzt. Auch hier bringt er ein neues Element ein, da er fakultativ eine Aktivierung des ausgefallenen u l n a r e n Handstreckers vorschlägt, um eine Radialabduktion zu vermeiden, man vergleiche hierzu den Vorschlag von BAISCH (1919) zur Tenodese der Sehne des M. ext. carpi ulnaris bei tiefer Läsion.

Operationsplan: tiefe Läsion

ECRL → EPL

FCU → EDC

FDS IV → ECU (fakultativ).

Operationsplan: hohe Läsion (vgl. Abb. 12)

FCU → EDC

FDS III → EPL

PT →

FDS IV →

} ECRB

(Der FDS IV wird durch das
Spat. interosseum geführt.)

Technik: (bezogen auf die Methode bei hoher Läsion)

- 1- M. flexor carpi ulnaris/ M. flexor digit. superficialis III können entweder um die Unterarmkanten oder durch die Membrana interossea auf die Streckseite verlagert werden. Wird der letztere Weg gewählt, empfiehlt GOLDNER die Schaffung einer möglichst weiten Öffnung durch den M. pronator quadratus hindurch. Wichtig ist, die Sehnennähte bei der Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris so weit d i s t a l wie möglich zu lokalisieren, wozu in der Regel das Lig. carpi dorsale eröffnet werden muß.
- 2- Der M. pronator teres wird abgetrennt, nach proximal mobilisiert und durch ein Knopfloch im M. ext. carpi rad. brevis im Bereich des Übergangs Sehne - Muskel geführt. Nach dem Schluß der Sehnennaht soll die losgelassenen Hand in 10° Streckposition stehen bleiben.
- 3- Der M. flexor digit. superficialis IV wird abgetrennt, ausgelöst und durch den M. pronator quadratus und die Membrana interossea auf die Streckseite geführt. Die Vereinigung zwischen M. ext. carpi rad. brevis und dem Kraftspender erfolgt ebenfalls nach der Knopfloch-Technik und so weit distal wie möglich.
- 4- Die Sehne des M. ext. poll. longus wird dann von ihrem Muskelbauch abgetrennt und erhält eine neue Verlaufsrichtung zur radialen Seite hin durch die Tabatiere, so daß sie auch vermehrt abduzierend wirkt. Der M. flexor digit. superficialis III als Kraftspender wird entweder durch das Spat. interosseum oder um die radiale Unterarmkante geführt und mit dem langen Daumenstrecker End-zu-Seit vernäht. Man beachte, daß GOLDNER alle Empfängersehnen bis auf die des M. ext. poll. longus intakt beläßt.

Kritik:

Zum Konzept der Daumenversorgung durch isolierte Aktivierung des M. ext. poll. longus siehe S. 77 .

Den Vorschlag von GOLDNER und ISLLIN, den M. pronator teres nur auf den kurzen und nicht auch auf den langen radialen Handstrecker zu verpflanzen, halte ich für empfehlenswert.

Die Aktivierung des M. ext. carpi rad. brevis durch z w e i Kraftspender ist theoretisch vorteilhaft. Allerdings kann man von der praktischen Durchführung her Zweifel erheben: Die zwei Spender können nur dann effektiv auf den M. ext. carpi rad. brevis einwirken, wenn sie beide unter möglichst exakt derselben Spannung mit ihm vereinigt werden, und dies mag nicht leicht zu erreichen sein.

4. A B S C H N I T T :

ERGEBNISSE DER NACHUNTERSUCHUNG.

I.) ALLGEMEINES - ART DER NACHUNTERSUCHUNG.

Im Archiv der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen finden sich seit 1956 insgesamt 21 Fälle von Radialisersatzoperation. Diese 21 Fälle wurden zunächst anhand der Krankenblätter ausgewertet. Je nach Höhe und damit Schwere der Nervenschädigung und damit auch je nach prinzipieller Methode der Ersatzoperation lassen sich bei unseren Patienten drei Gruppen unterscheiden: Einmal Fälle mit typischer hoher und tiefer Radialisläsion:

In der ersten Gruppe ("h" für hohe Läsion) muß für Finger- und Daumenstrecker, für den M. abd. poll. longus und für die Handstrecker Ersatz geschaffen werden.

Die zweite Gruppe ("t" für tiefe Läsion) benötigt bei intakten radialen Handextensoren nur Kraftspender für Finger und Daumen.

Die dritte Gruppe schließlich betrifft atypische Defekte im Radialisgebiet, es war jeweils nur ein gelähmter Muskel zu ersetzen (in folgenden "p" für "partieller Ausfall").

Alle 21 Patienten wurden zu einer Nachuntersuchung einbestellt (mit einer Ausnahme, der betr. Patient lebt z. Zt. in Bulgarien). Dies gestaltete sich - da die Ersatzoperation teilweise schon sehr lange zurücklag - oft nicht einfach. So wurden auch einige Patienten, die nicht kommen konnten oder wollten in ihrer Wohnung besucht.

Auf diese Weise liegen nun die Ergebnisse von 15 Nachuntersuchungen vor.

Technik und Ablauf der Nachuntersuchung gestalteten sich wie folgt:

Bei jedem Patienten wurden ca. 50 verschiedene Messungen durchgeführt, und zwar:

- a.) Handgelenk: Extension, Flexion, Radialabduktion, Ulnarabduktion.

- b.) Daumen: Abduktion, Palmarabduktion, Flexion im Interphalangeal- sowie im Metacarpophalangeal-Gelenk, Opposition (gemessen in cm Abstand zwischen Daumenendglied und Basis des kleinen Fingers), Retroposition (gemessen in cm Abstand zwischen Tischplatte und Daumenendglied bei flach auf dem Tisch liegender Hand.)
- c.) Finger: Extension in den Fingergrundgelenken bei 0°-Position des Handgelenks, Abduktion bzw. Auseinanderspreizen der Finger (einheitlich gemessen in cm Abstand zwischen den Fingerspitzen von Zeige- und Ringfinger), Flexion in allen drei Gelenken.
- d.) Kraft: gemessen wurde die grobe Kraft des Faustschlusses sowie die Kraft des Spitzengriffs.

Außerdem wurden - falls im jew. Fall von Interesse - bei vielen Patienten zusätzliche Messungen durchgeführt, z.B. Umfangsmaße, Ausmaß der Supinationsfähigkeit, Stellung des Handgelenks beim Faustschluß.

Sämtliche Messungen erfolgten sowohl an der "gesunden" wie auch an der "kranken" Hand.

Abgesehen von diesen quantitativen Messungen wurde besonderer Wert auf den Erfahrungsbericht des jeweiligen Patienten gelegt: Wie kommt der Patient bezüglich Kraft und Geschicklichkeit bei den Handgriffen des täglichen Lebens zurecht? Von Interesse waren ferner die sozialen Folgen der Radialisläsion bzw. der Ersatzplastik: Welche Erwerbsminderung liegt vor? Mußte der Patient seinen Beruf wechseln?

II.) ERGEBNISSE DER MESSUNGEN BEI DEN NACHUNTERSUCHUNGEN:

Sämtliche 21 Fälle wurden durchnummeriert entsprechend der zeitlichen Reihenfolge der Ersatzoperation.

Die 15 nachuntersuchten Fälle sind in folgender Tabelle "Resultate der Nachuntersuchung" mit allen Meßergebnissen aufgeführt.

Legende zu Tabelle "Resultate der Nachuntersuchung":

- "Nr." = Nummer des Falles.
- "Höhe der Läs." = "H" für "hohe", "T" für "tiefe" und "part." für "partielle" Radialisläsion. (nur 1 Muskel defekt).
- "Seite": Seite der Verletzung (re = rechts, li = links).
- Spalten Handgelenk, Daumen und Finger: sämtliche Werte sind jeweils unter der Rubrik "kr" für die verletzte ("kranke") bzw. operierte und "g" für die gesunde Hand aufgeführt.

Die Messungen für Opposition, Retroposition und Abspreizen der Finger sind in der oben beschriebenen Weise durchgeführt, Angaben in "cm".

Alle anderen Angaben in Winkelgrad (relativ zur Neutral-0-Position gemessen.)

Abkürzungen: IP = Interphalangealgelenk d. Daumens,

MP = Metacarpophalangealgel. v. Daumen/Fingern,

DIP = distales Interphalangealgelenk,

PIP = proximales Interphalangealgelenk,

II, III, IV, V: zweiter bis fünfter Finger.

- Spalte Kraft: Meßwerte in "bar" (Druck der Faust bzw. zwischen Daumen u. Zeigefinger beim Spitzengriff).

Sämtliche 15 Nachuntersuchungen wurden im März und April 1982 durchgeführt. Die Zeitabstände seit der Ersatzoperation variierten von 2 bis 18 Jahren, der Durchschnitt lag bei 8,6 Jahren.

III.) SOZIALE RESULTATE.

Unter den 21 Patienten waren: - 18 Männer (86 %)
- 3 Frauen (14 %)

Es wurde der N. radialis

- 13 mal an der linken (62 %) und
- 8 mal an der rechten (38 %)

oberen Extremität verletzt. Sämtliche 15 nachuntersuchten Patienten waren Rechtshänder.

Aus der Tabelle "Soziale Folgen der Radialisläsion" gehen hervor: - Alter z.Zt. der Ersatzoperation,

- Begleitschäden an anderen Nerven,
- Erwerbsminderung und Berufswechsel, soweit bekannt.

Weitere Details und Erklärungen: siehe S. 176 und besonders die Zusammenstellungen der Krankengeschichten (S. 192).

Interessant ist der hohe Prozentsatz von Patienten mit mehreren verletzten Nerven: in 8 Fällen (entspr. 38 %) waren außer dem N. radialis auch noch andere Armnerven zusätzlich geschädigt, und zwar:

- 3 mal N. medianus und N. ulnaris,
- 2 mal nur N. medianus,
- 2 mal nur N. ulnaris (dar. 1 mal kontralateral!),
- 1 mal N. musculocutaneus.

Die Angabe der Begleitschäden an den anderen Armnerven bezieht sich dabei auf den Zustand unmittelbar posttraumatisch. Zum Zeitpunkt der Ersatzoperation war die Funktion der vom N. ulnaris oder N. medianus innervierten Kraftspender in jedem Fall ganz oder wenigstens so weit regeneriert, daß eine Sehnenplastik erfolversprechend war.

Die Tabelle "Alter zum Zeitpunkt der Ersatzoperation" zeigt die Altersverteilung: die Hälfte der Patienten war zum Datum der Operation unter 30 Jahre alt. (zum Einfluß auf die Resultate vgl. S. 150).

Erwerbsminderung:

Zwischen 0 und 70 %. Bei 6 Patienten ist die Erwerbsminderung nicht bekannt, bei drei weiteren nicht festgestellt bzw.

Tabelle 17 :

Soziale Folgen der Radialisläsion:

Nr.	Geschl.	Alter	Seite	Höhe	Zusätzl. Nerven-Läs.	Erwerbs- mind. in %	Beruf vor Verletzung	jetziger Beruf
1	m	41	re	T	-	?	Landwirt	?
2	m	17	li	H	-	20	Masch.-Schlos- ser-Lehrling	Maschinenbau- techniker
3	m	24	li	H	-	?	Bierbrauer	?
4	m	51	li	H	-	/	Rentner	Rentner
5	m	23	li	H	Median. + Uln.	40	Maurer	Stadtarbeiter ^{a)}
6	m	6	li	T	-	/	Schüler	Zimmermanns- lehrling
7	m	29	li	H	Musculocutan.	50	Arbeiter (Bau)	Arbeiter (Schuh- fabrik)
8	m	45	re	T	-	25	Landwirt	Landwirt + Kom- munalpolitiker
9	w	43	li	H	-	?	Metzgerin	? ^{b)}
10	m	24	re	T	Medianus	35	Drucker	Drucker
11	w	47	re	p	Ulnaris	25	Verkäuferin	Verkäuferin
12	m	16	li	H	Median. + Uln.	40	Masch.-Bau- Lehrling	arbeitslos ^{c)}
13	m	37	li	T	-	?	Arbeiter	?
14	w	45	re	T	-	?	Hausfrau	?
15	m	29	li	H	Median. + Uln.	70	KFZ-Meister	Vertreter
16	m	25	re	T	-	35	Monteur	Baggerführer, Kraftfahrer
17	m	31	re	T	-	40	Lager- arbeiter	arbeitslos
18	m	28	li	T	Medianus	keine	Elektromon- teur, Fahrer	Elektromonteur, LKW-Fahrer
19	m	31	re	T	Uln. (kontralat.)	?	Geologe	Geologe
20	m	15	li	p	-	/	Schüler	Schüler
21	m	34	li	T	-	keine	Pflasterer	Pflasterer

Anmerkungen: a): im Rahmen eines Sozialprogrammes, vorher
längere Zeit arbeitslos

b): ca. 1 Jahr nach Plastik verstorben (verm. Magen-Ca)

c): zuvor einige Zeit als Installateur beschäftigt

Abkürzungen: m=männlich, w=weiblich, re=rechts, li=links
H = hohe, T = tiefe, p = partielle Radialisläsion

relevant (zwei noch Schüler bzw. in der Ausbildung, einer bereits vor der Ersatzoperation Rentner).

Bei zwei Patienten konnte die Ersatzoperation die Radialisläsion so weit beheben, daß keine Erwerbsminderung eintrat (Fälle Nr. 18 und 21).

Bei den anderen Patienten schwanken die Prozentzahlen erheblich. Die durchschnittliche Erwerbsminderung der 12 in dieser Beziehung beurteilbaren Fälle liegt bei 32 % .

Berufswechsel:

Angaben liegen nur für die 15 nachuntersuchten Fälle vor. Darunter sind zwei Fälle (Nr. 4 und 20), in denen keine Angabe zu machen ist: der eine Patient geht nach wie vor noch auf das Gymnasium, der andere ist nach wie vor Rentner. In einem dritten Fall (Nr. 6) hat die Radialisläsion den Patienten als vierjähriges Kind getroffen; er wurde dann mit 6 Jahren operiert und konnte mittlerweile eine handwerkliche Lehre als Zimmermann beginnen: in diesem Fall liegt also offenbar ein "Berufswechsel" in unserem Sinne nicht vor.

Von einem Patienten (Nr. 19) ist - obwohl nicht nachuntersucht - bekannt, daß er seinen alten Beruf weiterhin ausüben kann. Unter den übrigen Fällen waren immerhin 6 Patienten, die ihren Beruf beibehalten konnten.

Zusammenfassung:

- in 14 Fällen sind Angaben zum "Berufswechsel" möglich.
- darunter mußten 6 Patienten (43 %) den Beruf wechseln.
- die Mehrheit von 8 Patienten (57 %) konnte ihre frühere Tätigkeit wieder aufnehmen.

T a b e l l e 18 :

Alter zum Zeitpunkt der Ersatzoperation:

Jahre:	Zahl:	
0 - 5	-	
6 - 10	1	Durchschnittsalter:
11 - 15	1	30,5 Jahre
16 - 20	2	
21 - 25	4	
26 - 30	3	Prozentuale Verteilung:
31 - 35	3	- 30 Jahre oder jünger: 52 %
36 - 40	1	- 40 Jahre oder jünger: 71 %
41 - 45	4	
46 - 50	1	
51 - 55	1	
Summe:	21	

Bezüglich eines Zusammenhangs zwischen Alter des Patienten, Zeitpunkt der Ersatzoperation (Monate nach Verletzung) und Resultat siehe S. 180 .

Tabelle 19 :

Operationszeitpunkt (Monate nach Trauma)

Monate:	Zahl:	Durchschnitt: 17,7 Monate (bezogen auf alle 21 Fälle). Nach Abzug der beiden "Ausreißer", die erst nach mehr als 4 Jahren operiert wurden, ergibt sich eine Durchschnittszeit von 12,3 Monaten.
1 - 6	5	
7 - 12	3	
13 - 18	1	
19 - 24	3	
25 - 30	2	
31 - 36	-	
37 - 42	-	
43 - 48	-	Prozentuale Verteilung: - innerhalb von $\frac{1}{2}$ Jahr: 24 % - innerhalb von 1 Jahr: 62 % - innerhalb von 2 Jahren: 81 %
49 - 54	1	
55 - 60	-	
61 - 66	-	
67 - 72	-	
73 - 78	-	
79 - 84	-	
85 - 90	1	
Summe: 21		

IV.) FUNKTIONELLE RESULTATE

Zunächst interessieren die Ursachen für die Radialislähmung sowie die Verteilung hohe / tiefe Läsion (vgl. auch Tabelle "Zu den Krankengeschichten"):

- Hohe Läsion: 8 Fälle (38 %)

Ursachen: 7 mal Oberarmfraktur (Fälle Nr. 2,3,5,7,9,12,15),
dar. in keinem Fall iatrogen bedingt. - Bei
zwei Fällen (Nr. 12 und 15, vgl. S. 203 u. 205)
lag zusätzlich zur Radialisläsion infolge
Fraktur eine Plexusschädigung (in beiden Fäl-
len: Verkehrsunfall) vor.

1 mal Neurinom (Fall Nr. 4, vgl. S. 194).

- Tiefe Läsion: 11 Fälle (52 %)

Ursachen: 5 mal Weichteilwunden (Fälle Nr. 1,8,10,13,19).

3 mal iatrogen: je einmal bei Radiusköpfchen-
Resektion (Nr. 16), bei Radius-Verplattung
(Nr. 21) und Extirpation eines Lipoms (Nr. 14).

1 mal Unterarmfraktur (Grenzfall zur hohen
Läsion, Fall Nr. 18).

1 mal Druckschädigung durch Narben und Kallus
(Nr. 17, nach Unterarmfraktur mit Pseudarthrosen-
bildung).

1 mal unklar (Nr. 6).

- Partieller Ausfall: 2 Fälle (10 %), in beiden Fällen war
nur der Extensor digit. comm. irreparabel gelähmt.

Ursachen: 1 mal Weichteilwunde (Nr. 11).

1 mal unklar (Nr. 20, wahrscheinlich myogene
Atrophie).

Hergang: meist unfallbedingt. Im Einzelnen:

8 mal Verkehrsunfall (dar. 4 Zweiradunfälle),

4 mal Arbeitsunfall:

- Nr. 2: Maschinenverletzung an einer Drehbank,
- Nr. 8: Stallarbeit (Hufschlag eines Rindes),
- Nr. 10: Maschinenverletzung an einer Druckmaschine,
- Nr. 11: Verkäuferin, Schnittwunde bei Sturz im Laden.

- 3 mal iatrogen (s.o.),
- 3 mal nicht-traumatisch (Nr. 4,6,20),
- 1 mal Schlägerei (Nr. 13),
- 1 mal Sportverletzung (Nr.17),
- 1 mal unbekannt (Nr. 1).

Der Zeitpunkt der Ersatzoperation war bei den einzelnen Patienten sehr unterschiedlich. Zwei Fälle unterzogen sich der Plastik erst über 4 Jahre nach der Läsion. Für die anderen 19 Patienten beträgt die Durchschnittszeit fast genau ein Jahr. Vgl. Tabelle "Operationszeitpunkt".

Zusammenhang zwischen Alter des Pat., Operationstermin und Resultat:

In einer ausführlichen Untersuchung kommt SAIKKU (1947) zu folgendem Ergebnis (vgl. auch S. 124):

- alle "sehr guten" Resultate konnten bei Fällen erzielt werden, die jünger als 30 Jahre waren und nicht später als zweieinhalb Jahre posttraumatisch operiert wurden.
- alle "schlechten" Resultate betrafen ältere Patienten (über 30 Jahre), die erst nach über zweieinhalb Jahren operiert wurden.

Das folgende Diagramm (Abb. 13) habe ich in der Art SAIKKUs mit den Daten unserer Patienten gezeichnet.

Ein Zusammenhang wie von SAIKKU beschrieben kann daraus eindeutig **n i c h t** abgeleitet werden, mögliche Ursachen dafür sind:

- unsere Daten sind nicht signifikant, da wir zu wenig Patienten haben (SAIKKU operierte ca. 100 Fälle!).
- andere Parameter (z.B. Höhe der Läsion, Begleitverletzungen) überschatten das Bild.
- die "Extremwerte" fehlen: von unseren 21 Patienten wurden nur 2 erst über zweieinhalb Jahre nach der Verletzung operiert, und ausgerechnet diese beiden Fälle erschienen nicht zur Wachuntersuchung.
- die Bewertung ("sehr gut", "gut", ...) ist - mindestens bei einigen Fällen - etwas willkürlich, da sich die Resultate bei so verschiedenartigen Fällen schwer vergleichen lassen.

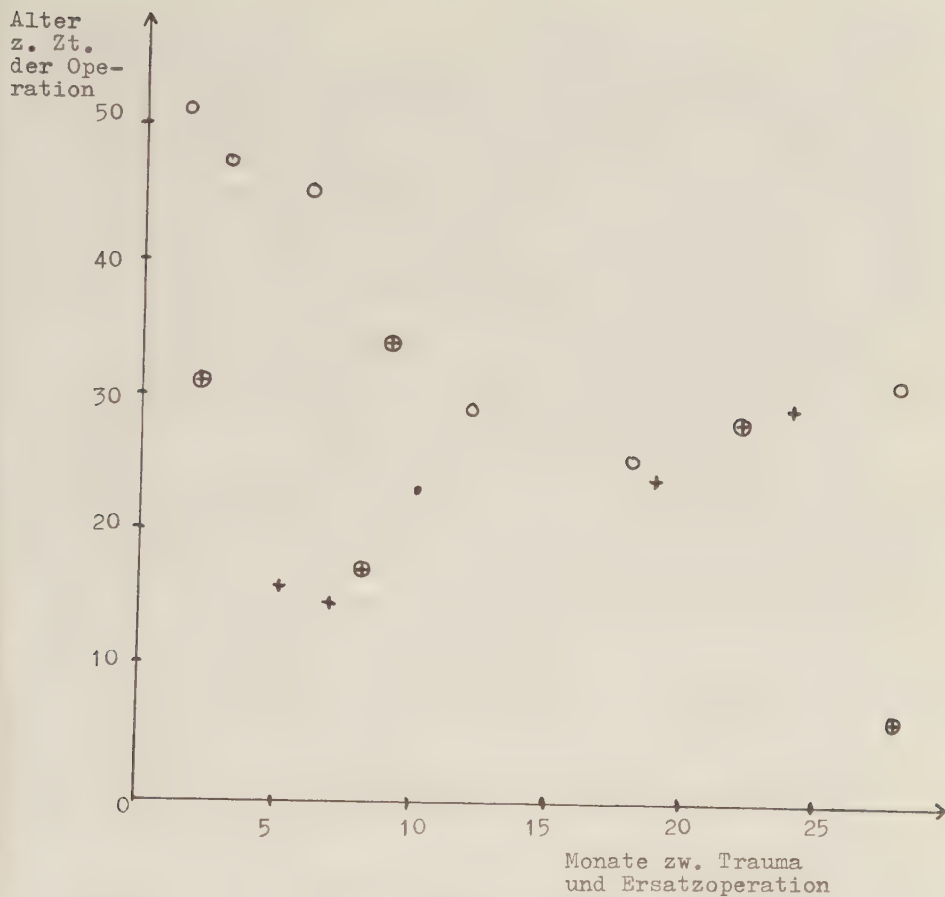


Abb. 13: Zusammenhang zwischen Operations-
zeitpunkt, Alter des Patienten
und Resultat.

Beurteilung (vgl. Tabelle 20, S. 184):

- ⊕ = sehr gut,
- = gut,
- + = mittel,
- = schlecht.

Bemerkungen zur "groben Kraft" :

Bei einer erfolgreichen Radialisersatzplastik kann die Beweglichkeit praktisch wieder vollkommen hergestellt werden. Die Kraft des Faustschlusses bleibt dagegen immer (und von glücklichen Ausnahmen abgesehen meist erheblich) vermindert. Dabei "kreisen" die in der Literatur angegebenen Werte fast alle um die "magische Zahl" von 50 % der Kraft der gesunden Hand. Vgl. beispielsweise die Angaben von SAIKKU (1947) (siehe S. 94 ,Tabelle 5). STARR (1922) hatte im Durchschnitt schlechtere Erfolge (20 bis 50 % Kraft), MOBERG und NACHEMSON (1967) dagegen bessere (von 14 Fällen 12mal 50 % oder mehr der Kraft der gesunden Hand.)

Ähnliche Resultate ergaben sich bei unseren Fällen: die grobe Kraft variierte von 100 % (partieller Ausfall nur des EDC, Nr. 20) und sehr erfreulichen 80 % (hohe Läsion, Nr. 2) bis herunter zu nur 15 % (hohe Läsion, Nr. 4) der jew. gesunden Hand im schlechtesten Fall.

Durchschnittswerte der "groben Kraft" des Faustschlusses:

- Hohe Läsion: 51 % der gesunden Hand (6 Fälle)
- Tiefe Läsion: 54 % der gesunden Hand (7 Fälle)
- Partielle Läsion: 75 % der gesunden Hand (2 Fälle)

insgesamt: 56 % der gesunden Hand (15 Fälle)

Dabei fällt auf, daß praktisch kein Unterschied zwischen den Werten von hoher und tiefer Läsion besteht.

War die Lähmung an der linken Hand, so erreichte die durchschnittliche Kraft 57 % (10 Fälle), an der rechten Hand 52 % (5 Fälle). (Anmerkung: beim gesunden Rechtshänder erreicht die linke Hand - nach Literatur werten und eigenen Messungen an gesunden Probanden - etwa 90 % der Kraft der Rechten. Man könnte danach erwarten, daß bei Ersatzoperationen an der linken Hand schlechtere Ergebnisse bezüglich der groben Kraft im Vergleich zur gesunden Hand erzielt werden: dies war offensichtlich nicht der Fall. Allerdings ist immer in Betracht zu ziehen, daß bei der geringen Zahl von Patienten erhebliche Verzerrungen möglich sind.)

Beurteilung:

Siehe hierzu Tabelle "Beurteilung und Vergleich".

Es fällt ziemlich schwer, die 15 nachuntersuchten Fälle in Bezug auf den Erfolg der Plastik einigermaßen gerecht zu klassifizieren: bei quantifizierbaren Parametern (Bewegungsumfang, Kraft) ist die Erstellung einer Rangfolge noch relativ einfach, obwohl auch hier Schwierigkeiten bestehen (z.B. gegenseitiges Abwägen von Geschicklichkeit etwa in Bezug auf ausgezeichnete Daumenfunktion und im Gegensatz dazu schlechteres Resultat der groben Kraft, oder umgekehrt.) In der Tabelle sind 5 quantitativ meßbare Größen graphisch und einige andere tabellarisch dargestellt. Erheblich erschwert wird die Beurteilung, wenn man die sozialen Faktoren (Berufswechsel) mit einbezieht. Schließlich sind bei relativ vielen Patienten zusätzlich zum N. radialis andere Armnerven lädiert, die das Gesamtbild oft entscheidend verschlechtern, aber natürlich nicht ohne weiteres in die Beurteilung des Resultates der Radialisersatzoperation einbezogen werden können.

Schließlich sind die funktionellen Ausfälle bei hoher, tiefer und partieller Radialisläsion und ebenso die entsprechenden Schwierigkeitsgrade der Ersatzoperationen unterschiedlich, so daß bei diesen drei Gruppen unterschiedliche Maßstäbe bei der Beurteilung angelegt werden sollten.

Die in der Tabelle angegebenen Beurteilungen sind unter Würdigung aller dieser Vorbehalte zu sehen. Sie stellen einen Versuch der vergleichenden Bewertung dar, im Einzelfall wird man sich durchaus über den einen oder anderen Fall streiten können. Die als "sehr gut" klassifizierten Fälle zeigen so hervorragende Resultate, daß so manch anderer Fall nur "gut" oder "mittel" im Vergleich zu diesen sehr guten Resultaten beurteilt werden mußte, obwohl er für sich betrachtet funktionell ein ausgezeichnetes Ergebnis zeigt.

Fall Nr. 19 wurde nicht nachuntersucht, kann aber in die Beurteilung mit aufgenommen werden.

Damit ergibt sich bei insges. 16 Fällen folgendes Resultat:

- sehr gut: 5
- gut: 6
- mittel: 4
- schlecht: 1

Die Tabelle "Zu den Krankengeschichten" gibt nochmals eine Zusammenfassung der wichtigsten Daten aller 21 Fälle. Dabei sind auch die Operationspläne aufgeführt.

Wie man sieht, sind in 5 Fällen vor der Ersatzoperation Eingriffe am Nerven unternommen worden, nämlich 1 Nerven-naht und 4 Neurolysen. In diesen Fällen war die Ersatzoperation wegen des Ausbleibens von Regenerationszeichen indiziert.

In der Mehrzahl von 11 Fällen zeigte sich bei der Revision, daß eine Rekonstruktion des Nerven aussichtslos bzw. nicht durchführbar war.

In zwei Fällen wurde die Plastik durchgeführt, nachdem über 4 bzw. über 7 Jahre seit dem Trauma vergangen waren, so daß eine Nervenoperation schon von daher betrachtet kaum Aussicht auf Erfolg gehabt hätte. (Beide Pat. konnten leider nicht nachuntersucht werden.)

Abkürzungen:

FCU = M. flexor carpi ulnaris,

FCR = M. flexor carpi radialis,

FDS IV = M. flexor digit. superficialis des Ringfingers,

PL = M. palmaris longus,

PT = M. pronator teres,

EDC = M. ext. digit. communis,

ED II,III,IV,V = M. ext. digiti des II. bis V. Fingers,

EPL = M. ext. poll. longus,

EPB = M. ext. poll. brevis,

AFL = M. abd. poll. longus,

ECRL = M. ext. carpi rad. longus,

ECRB = M. ext. carpi rad. brevis.

		Art der Operation	Indikation zur Ersatzop.	Op. (Con. nach Plaus)	Alter z. Zeit. der Op.	Kraft-., Empfänger	Benennung	Technik, Jahre nach der Op.	Beurteilung
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	3	41	PCC → DDC, BPL PL → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	10	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	50	54	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL	-	-	-
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	1 1/2	51	PCC → DDC, BPL PL → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	17	gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	10	23	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	Rekonstr.	12	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	ca. 23	6	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	10	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	12	20	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	Rekonstr.	1 1/2	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	6	45	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	10	-
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	39	43	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	Rekonstr.	-	-
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	19	24	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	Rekonstr.	10	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	3	47	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	10	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	5	16	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	2	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	11	37	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	-	-
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	10	45	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	-	-
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	24	29	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	Rekonstr.	7	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	13	25	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	2	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	23	31	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	5	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	22	28	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	2	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	2	31	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	-	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	ca. 7	15	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	2	sch. gut
		Herzkrankheit	Rekonstr. nach l.	9	34	PCC → DDC, BPL PCR → APL, BPL PT → ECR, BCRB	-	2	sch. gut

V.) METHODENFRAGE - RESULTATE BEI DER VERWENDUNG DER VERSCHIEDENEN KRAFTSPENDER:

Wie aus der vorhergehenden Tabelle "Zu den Krankengeschichten" zu ersehen, wurden bei den 21 operierten Patienten sehr unterschiedliche Operationspläne, zum Teil z.B. mit Tenodese, durchgeführt.

Für die Behandlung der irreparablen Radialisläsion sind in der Literatur der vergangenen ca. 90 Jahre rund 100 verschiedene Methoden angegeben worden, bei denen praktisch jeder theoretisch denkbare Kraftspender auf jeden gelähmten Empfänger verpflanzt wurde.

Aus den Erfahrungen unseres Patientengutes soll zur Frage der Eignung des einen oder anderen Kraftspenders für einen bestimmten Zweck Stellung genommen werden.

Dabei sind die im folgenden zu nennenden Erkenntnisse mit größter Vorsicht zu betrachten: Die Zahl unserer Patienten ist viel zu gering, um allgemein gültige Aussagen auch nur andeuten zu können. Andererseits stellen diese Erkenntnisse gewissen Erfahrungswerte dar, die man bis zum Beweis des Gegenteils im Auge behalten kann.

Ein wichtiger Vorbehalt soll noch genannt werden: ungünstige Resultate müssen nicht auf der prinzipiell schlechten Eignung der jeweiligen Kraftspender beruhen, sondern können auch durch die Operationstechnik - z.B. Vernähung unter zu schwacher oder zu starker Spannung - bedingt sein. Man kann also nur hoffen, daß sich die dadurch bedingten Abweichungen beim Vergleich zweier Kraftspender in einer bestimmten Funktion durch die Zahl der Patienten gegenseitig ausgleichen.

Bei insgesamt 21 Patienten wurden vorgenommen:

- 44 Einzelverpflanzungen eines Spendermuskels,
- 4 Tenodesen.

Im einzelnen wurden verpflanzt:

- 14 mal der M. flexor carpi ulnaris, darunter 10 mal auf M. ext. digit. communis + M. ext. poll. longus und 4 mal nur auf M. ext. digit. communis.
- 9 mal der M. flexor carpi radialis auf M. abd. poll. longus.

- + M. ext. poll. brevis
- 8 mal der M. flexor digit. superficialis IV, darunter 5 mal auf M. ext. digit. communis + M. ext. poll. longus, 2 mal auf M. ext. digit. communis, 1 mal auf M. abd. poll. longus + M. ext. poll. brevis.
- 8 mal der M. palmaris longus auf M. abd. poll. longus + M. ext. poll. brevis
- 3 mal der M. pronator teres auf Mm. ext. carpi rad. longus et brevis
- je 1 mal der M. ext. carpi rad. brevis auf den M. ext. poll. longus und der M. ext. indicis proprius auf den M. ext. digit. communis

a.) Handgelenk:

Insgesamt 6 Fälle von hoher Radialisläsion wurden nachuntersucht, 3 mal wurde aktive Handstreckung durch Verpflanzung des M. pronator teres auf die Mm. ext. carpi rad. longus et brevis erreicht. In den anderen 3 Fällen erfolgte eine Tenodese.

Resultate:

3 mal M. pronator teres: Dorsalflexion der Hand durchschn. 40°,
Grobe Kraft des Faustschlusses durchschn. 41 %.

3 mal Tenodese: in einem Fall deutlich nachgegeben (Fall Nr. 5).
Grobe Kraft des Faustschlusses durchschn. 52 %.

Die geringe Zahl unserer Fälle läßt keine Entscheidung über die Frage zu, ob das Verfahren mit Tenodese oder mit dem "dritten Kraftspender" = M. pronator teres bessere Resultate liefert. Unsere Erfahrung scheint nur zu zeigen, daß die Tenodese, solange sie nicht nachgibt, ein gutes Ergebnis der Kraft (über 60 % der gesunden Hand) garantiert.

b.) Daumen:

Bei 15 nachuntersuchten Fällen mußte der Daumen 13 mal versorgt werden, darunter nur 1 mal mit nur einem einzigen Kraftspender (Nr. 17, M. ext. poll. longus war noch intakt). Bei den anderen 12 Patienten wurde so verfahren, daß jeweils ein Kraftspender auf M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis verpflanzt wurde, und ein zweiter Kraftspender M. ext. poll.

longus und meist zugleich den M. ext. digit. communis aktivierte.

Wir können daher keine Aussagen zu dem Literaturstreit machen, ob es genüge, nur einen der drei Daumenmuskeln zu versorgen und wenn ja welchen. Unsere Ergebnisse zeigen aber, daß man mit der Versorgung aller drei ausgefallenen Daumenmuskeln mit zwei verschiedenen Kraftspendern in der o.g. Verteilung gute Resultate erzielen kann.

Zahl d. Fälle	Auf EPL verpflanzt:	Auf APL, EPB verpflanzt:	Grad Defizit der Abduktion im Durchschnitt:
5	FDS IV	FCR	30
4	FCU	PL	19
1	FCU	FDS IV	34
1	ECRB	FCR	25
1	FDS IV	PL	0
1	--	PL	25

Die Tabelle zeigt:

Von den beiden gebräuchlichen Kombinationen liefert das Verfahren (FDS IV $\rightarrow$ EPL / FCR $\rightarrow$ APL, EPB) schlechtere Ergebnisse als die Methode (FCU $\rightarrow$ EPL / PL $\rightarrow$ APL, EPB). In zwei Fällen erhielt der M. ext. poll. longus einen eigenen Spender und wurde nicht zusammen mit dem Fingerstrecker versorgt, in diesen Fällen ergaben sich hervorragende Resultate. Allerdings wurden bei vielen Patienten gemeinsamer Finger- und langer Daumenstrecker zusammen unter sehr gutem Erfolg auf ein und denselben Kraftspender genäht.

c.) Langfinger:

Hier liegen die Verhältnisse komplizierter, weil bei der hohen Radialisläsion der auf den M. ext. digit. communis verpflanzte Spender in gewissem Maße an der Handstreckung teilnimmt. Jedenfalls zeigen die Resultate für hohe und tiefe Läsion Unterschiede. Bei 15 Patienten wurde der M. ext. digit. communis

14 mal versorgt, und zwar:

- 8 mal mit dem M. flexor carpi ulnaris (5 mal hohe, 3 mal tiefe Läsion),
- 5 mal mit dem M. flexor digit. superficialis IV (1 mal hohe, 3 mal tiefe Läs., 1 mal nur Fingerstrecker gelähmt),
- 1 mal mit dem M. ext. indicis proprius (1 mal nur die Fingerstrecker gelähmt).

Mißt man das durchschnittliche Streckdefizit pro Finger im Grundgelenk in Grad verglichen mit der jew. gesunden Hand, so ergeben sich folgende Resultate:

M. flexor carpi ulnaris:

- hohe Läsion: 5 Fälle, durchschn. Streckdef.: 24°
- tiefe Läsion: 3 Fälle, durchschn. Streckdef.: 13°

M. flexor digit. superficialis IV:

- hohe Läsion: 1 Fall, Streckdef.: 37°
- tiefe Läsion: 3 Fälle, durchschn. Streckdef.: 32°
- nur Fingerstrecker gelähmt: 1 Fall, Streckdef.: 20°

M. ext. indicis proprius:

- nur Fingerstrecker gelähmt: 1 Fall, Streckdef.: 34°.

Die Ergebnisse bei hoher Läsion sind also schlechter als bei tiefer.

Insgesamt kann man feststellen, daß der M. flexor carpi ulnaris als Ersatz für die Langfinger-Strecker etwas besser geeignet ist als der M. flexor digit. superficialis IV:

- M. flexor carpi ulnaris:
insgesamt 8 Fälle, durchschn. Streckdef.: 20°
- M. flexor digit. superficialis:
insgesamt 5 Fälle, durchschn. Streckdef.: 31°

Man vergleiche im Gegensatz dazu die Meinung von BOYES (S. 162), der den oberflächlichen Fingerbeuger zum Ersatz der Fingerstrecker für besser geeignet hält als den M. flexor carpi ulnaris.

d.) Zusammenfassung:

Unsere Erfahrungen sind wegen der geringen Zahl der Patienten und störender Einflüsse mit Vorsicht zu betrachten. Sie besagen im wesentlichen:

- 1- die besten Resultate für die Daumenfunktion liefert die Kombination: FCU → EPL (+EDC)
PL → APL, EPB.
- 2- Für die Fingerstrecker ist der M. flexor carpi ulnaris besser geeignet als der M. flexor digit. superficialis IV.
- 3- Eine "Standardmethode" kann nicht angegeben werden: jeder Fall hat in Abhängigkeit von der Höhe der Läsion und von anderen Parametern seine Eigenproblematik und muß individuell versorgt werden. Auch sind bestimmte Kraftspender nicht immer verfügbar (z.B. der M. palmaris longus). Insbesondere die Frage der Tenodese muß von Fall zu Fall entschieden werden.
Entschließt man sich bei hoher Läsion *n i c h t* zur Tenodese, so bestätigen unsere Erfahrungen als das beste Verfahren die Methode von MERLE D'AUBIGNÉ, also:
FCU → EDC, EPL
PL → APL, EPB
PT → ECRH, ECRB.

Will man eine besonders gute Daumenfunktion erzielen, so kann gegebenenfalls bei Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris nur auf den M. ext. digit. communis als vierter Kraftspender der M. flexor digit superficialis IV auf den M. ext. poll. longus genäht werden. Verfahren mit vier Kraftspendern wurden in der Literatur diskutiert, von uns aber nicht durchgeführt.

Für die *t i e f e* Radialisläsion können wir folgende, in dieser Form meines Wissens in der Literatur noch nicht beschriebene Methode empfehlen:

FCU → EDC, EPL
PL → APL, EPB.

(Also wie bei der hohen Läsion, nur unter Belassung des M. pronator teres.)

VI.)

AUSZÜGE AUS DEN KRANKENGESCHICHTEN

Es werden die Krankengeschichten aller 21 Patienten in Kurzform wiedergegeben.

Ich bei verziehte ich auf detaillierte Angaben zu den Resultaten der Nachuntersuchung, insbesondere auf sämtliche Messwerte: diese Daten sind in möglichst übersichtlicher Weise in den vorgehenden Tabellen dargestellt.

Vielmehr lege ich hier besonderen Wert auf die quantitativ nicht ausdrückbaren Erfahrungen der Patienten, d.h. welche Tätigkeiten sie trotz der eingeschränkten Handfunktion noch gut ausführen können, welche Handgriffe ihnen dagegen schwerfallen, wie sie i.a. mit dem Ergebnis der Ersatzoperation zufrieden sind u. dgl. mehr.

Nr. 1: (Archiv-Nr.: 9b/3233/58)

J.Sch., männlich, geb. 12.12.1917. Beruf vor Läsion: Landwirt.-
31.8.'54: Arbeitsunfall: beim "Durchgehen der Pferde" Zuzie-
hung einer Verletzung des re. Armes mit "kompletter Radialis-
parese". - Mai 1955: Nervennaht des N.radialis. -
5.7.'56: Nachuntersuchung: Teilregeneration (nur Handgelenks-
extension schwach möglich). - 31.3.'58: erneuter Unfall (!),
dabei wiederum tiefe Weichteilwunde am re. Arm mit "kompletter
Radialisparese" - 5.12.'58: Neurologie (Handstrecker intakt,
Finger- u. Daumenstrecker ausgefallen: "tiefe Läsion") ergibt
"Verdacht auf Innervationsentgleisung (Verlernen der normalen
Innervation)" - 12.12.'58: Ersatzoperation (FCU eingeflochten
in EDC und EPL) - Nachbehandlung: offenbar kein Gips, nur
Druckverband. Keine weiteren Angaben. Das Krankenblatt ist
sehr alt und ungenau, insbes. ist nicht klar, ob der N. radialis
beim zweiten Unfall erneut in Mitleidenschaft gezogen wurde.-
Nachuntersuchung: keine (Patient unbekannt verzogen, neue An-
schrift trotz Bemühungen nicht zu ermitteln).

Nr. 2: (Archiv-Nr.: 43 604)

H.-J. Ro., männlich, geb. 4.5.1947. Beruf vor Läsion: Maschinen-
Schlosser-Lehrling. - 2.1.'64: Arbeitsunfall, mit dem linken
Arm in eine Drehbank geraten, dabei Oberarmfraktur mit "hoher
Läsion" des N. radialis. - Erstversorgung in Nürnberg - Ab
März '64 intensive konservative Behandlung. - 24.7.'64: Revision
im Oberarmbereich (Nerv von Knochengewebe ummauert, Rekonstrukt.
unmöglich). - 3.3.'64: Erneute Revision im Plexusbereich und
am Oberarm (Nerv schon vor Erreichen des Humerus atrophisch,
10cm Defekt, Nahtversuch aufgegeben). - 2.9.'64: Ersatzoperation
(FCU auf EDC, EPL / PL auf APL, EPB / PT auf ECRL, ECRB) -
Nachbehandlung: ca. 3 Wochen Fixation, dann kurze Zeit Kran-
kengymnastik (ambulant in Nürnberg) - Bereits ab Oktober '64
wieder gearbeitet, danach keine weitere Nachbehandlung.
Resultat: Pat. arbeitet im alten Beruf weiter (jetzt als
Maschinenbau-Techniker), Erwerbsmind. unmittelbar posttraumat.
50., dann immer weiter reduziert bis jetzt: 20%. Beim Essen
macht das Gabel-Halten keine Schwierigkeiten. hingegen fällt
das Knöpfeschließen schwer. Pat. ist sehr zufrieden, stört
sich nur etwas an der Daumenopposition: Beugung im Daumen-

Grundgelenk führt zu automatischer Streckung im Endgelenk, bei der Opposition bleibt das Daumenendglied also gestreckt und kann nicht gebeugt werden. Die Hand steht in 10° Ulnarabdukt. in Ruheposition. Gleichzeitige Finger- und Handgelenksbeugung ist nicht möglich. Hervorragend: Daumenabduktion, Fingerstreckung, Handstreckung. Hervorragend insbesondere die grobe Kraft: 80% der gesunden Hand, also praktisch soviel wie beim gesunden Rechtshänder. Beim Faustschluß steht die Hand in 15° Dorsalflexion. -

Nachuntersuchung: 26.4.'82, d.i. 18 Jahre nach der Op.

Beurteilung: sehr gut.

Nr. 3: (Archiv-Nr.: 48 686)

K. Ba., männlich, geb. 20.12.1940. Beruf vor Läsion: Bierbrauer. - 1.9.'60: Autounfall mit Oberarmfraktur links, dabei hohe Radialisläsion. - Erstversorgung in Stadtsteinach. Trotz der Lähmung führt der Patient auch vor der Ersatzoperation seinen Beruf als Bierbrauer immer noch aus. - 1962: einige Wochen Schmerzen im li. Handgelenk, die wieder vergehen. - August '64: Nach mehrstündiger ungewohnter Handarbeit erneut Beschwerden im ulnaren Handgelenkbereich. - 24.3.'64: Untersuchung ergibt. palpable schmerzempfindl. Verdickung lateral des Sulcus bicip.lat. (Verdacht auf Neurom), Neurologie: komplette Radialisläsion im dist. Oberarmmitttel, Brachioradialis und alle Streckmuskeln ausgefallen. - 2.10.'64: Revision im dist. Oberarmbereich (weitgehende Durchtrennung im Frakturbereich, mandelgroßes Neurom. Resektion und Verädhung mit den "sehr dünnen Teilästen" erscheint unmöglich). - 11.11.'64: Fallhand, aber Sensibilität "vollkommen wiederhergestellt". - 19.11.'64: Ersatzoperation (PCR auf APL, EPP / FCU auf EDC, EPL). - Komplikation durch postoperatives Ödem (stat. Behandlg. Dez. '64). - Nachbehandlung: nach Gipsverband für ca. 10 Tage später intensiv Krankengymnastik mit gutem Erfolg: Pat. spielt ausdauernd Tischtennis. Nachuntersuchung: keine (Verbleib bzw. Anschrift nicht zu ermitteln.)

Nr. 4: (Archiv-Nr. 104 439)

J. Mü., männlich, geb. 21.12.1917. Beruf vor Läsion: Rentner. - Ursache: nicht-traumatisch! - 11.3.'69: Entfernung eines Neurinoms des N. radialis und Dissektion der li. Axilla; irrepa-

able hohe Läsion. - Anschließend für 6 Wochen Krankengymnastik und Radialisschiene (Kontraktur-Verhütung). - 25.4.'69: Ersatzoperation (FCU auf EDC, EPL / PL auf APL, EPB / PT auf ECRL, ECRB). - 9.9.'69: Residiv (Exstirpation eines Radialis-Neurinoms) - Nachbehandlung: 20.-24.5. stationär Uniklinik Erlangen, sonst ambulant in Roth (Krankengymnastik, Reizstrombehandlung, Bäder). - Handgelenkstreckung in Sept. '69 noch mäßig, mittlerweile sehr gut. Sehr gute Daumenfunktion (von gesundem Daumen prakt. nicht zu unterscheiden, auch Opposition normal). Bei Hitze oder Anstrengung (längeres Autofahren) schwillt der Arm an. Der Pat. kann Schreibmaschine schreiben und führt z.B. kleinere Reparaturen in Haushalt/Garten selbst aus. Das Zugreifen (insbes. auch bei Feinarbeiten) fällt dagegen schwer: so kann z.B. ein am Boden liegendes Papier nicht "normal" von oben, sondern nur "schaufelförmig" gefaßt werden. Dabei kommt dem Pat. seine sehr gut erhaltene Supination zu Gute. Die Schwäche des Zugriffs stört auch beim Autofahren. Beim Faustschluß: 10° Volarflexion des Handgelenks, deshalb grobe Kraft mit nur 15% der gesunden Hand am schlechtesten von allen nachuntersuchten Willen. Gesamteindruck: gut, bes. unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Pat. zur Zeitpkt. der Ersatzop. über 50 Jahre alt war (ältester von allen Patienten!) -

Nachuntersuchung: 22.3.'82, d.h. 13 Jahre nach der Op.

Beurteilung: gut.

Nr. 5: (Archiv-Nr.: 117 604)

H.-J. Mu., männlich, geb. 17.9.1947. Beruf vor Läsion: Maurer. - 1956: komplizierte Fraktur im Ber. des li. Ellenbogens, seitdem Durchstrecken nicht ganz möglich. - Juni '69: Kopedunfall, dabei multiple Frakturen des li. Armes, hohe Radialisläsion (wahrscheinlich infolge Oberarmbruch), N. medianus und N. ulnaris ebenfalls im Unterarmbereich geschädigt. - Erstversorgung in Selb. - 5.2.'70: Neurologie (Paralyse aller Radialis-Muskeln außer des Triceps, zusätzl. Paralyse des Adduktor poll. und der Interossei, Teilschädigung des Opponens poll., d.h.: zusätzlich Mistel zur. ulnaris- und partielle Medianus-Parese.). - 13.2.'70: Revision des N. radialis im Oberarmbereich (Exstirpation von 3 cm Längsresektion von Neuromen an beiden Stümpfen, Nervennaht nicht möglich). - 19.4.'70: Ersatzoperation (FDS IV auf EDC, EPL / FCR auf EPB, APL / Tenodese -- FCU kann nicht verwendet werden, da stark vernarbt) und in gleicher Sitzung: Mistel-

entfernung (aus Radius u. Ulna) sowie Ulnarisrevision und Ulnaristransplantat. - Nachbehandlung: 6 Wochen Oberarmgips. Ambulante Nachbehandlung (in Selb) über ca. 1 Jahr regelmäßig zweimal wöchentlich (Krankengymnastik, Elektrotherapie). - Gesamteindruck: schlecht, dies ist aber z.T. auf Ausfälle im Medianus- u. Ulnarisgebiet zurückzuführen. Daumenfunktion ausreichend, Opposition nicht vollständig, aber gut. Den Pat. behindert vor allem die ungenügende Streckfähigkeit der Finger: bei D IV und V sind die Gelenke versteift, insbes. der kleine Finger steht im Mittelgelenk dauernd max. flektiert. Das Abspreizen der Finger ist gänzlich unmöglich. N. ulnaris: Teilregeneration. Nicht extrem starke, aber deutliche Thenaratrophie. Hypästhesien ulnare Handkante u. Unterarm, Streckseite d. Daumens und leicht an den Fingerspitzen. Schmerzen im Handgelenk, bes. beim Heben. Geschicklichkeit schlecht, bes. das Zuknöpfen ist schwierig. Die Tenodese hat offenbar leicht nachgegeben (bis 0°-Stellung, daher schlechtestes Resultat der groben Kraft von allen drei nachuntersuchten Pat. mit Tenodese.) Erwerbsminderung 40 %, der Pat. mußte seinen Beruf aufgeben, war lange Zeit arbeitslos und ist jetzt im Rahmen eines Sozialprogrammes als Stadtarbeiter mit leichteren Arbeiten (z.B. Laub zusammenkehren) beschäftigt. Nachuntersuchung: 24.3.'82, d.h. 12 Jahre nach der Op. - Dem. Pat. wurde vorgeschlagen, den beim Zugreifen erheblich störenden kleinen Finger im Mittelgelenk zu amputieren. Beurteilung: schlecht.

Nr. 6: (Archiv-Nr. 137 940)

G. Sch., männlich, geb. 3.5.1965. Beruf vor Läsion: Schüler. In zweierlei Hinsicht besonders bemerkenswerter Fall: zum einen jüngster Patient (Ersatzop. mit 6 Jahren), zum anderen kein akutes Trauma als Ursache: aus der Anamnese ist lediglich zu erfahren, daß die Eltern des Pat. etwa im Sommer '69 an dem damals vierjährigen Kind plötzlich Lähmungserscheinungen der linken Hand (Fallhand; tiefe Läsion: Handstrecker intakt) bemerkten. Ein akutes Trauma lag nicht vor. - 23.6.'71: Revision des Ram. prof. am li. Unterarm: im Ber. der Aufzweigungen des Ram. prof. ein knochenarter, fast erbsgroßer Tumor im Nerven. Histolog. Untersuchung ergibt "typisches traumatisches Neurom" (obwohl, wie gesagt, ein akutes Trauma nicht bekannt ist). Nach Resektion

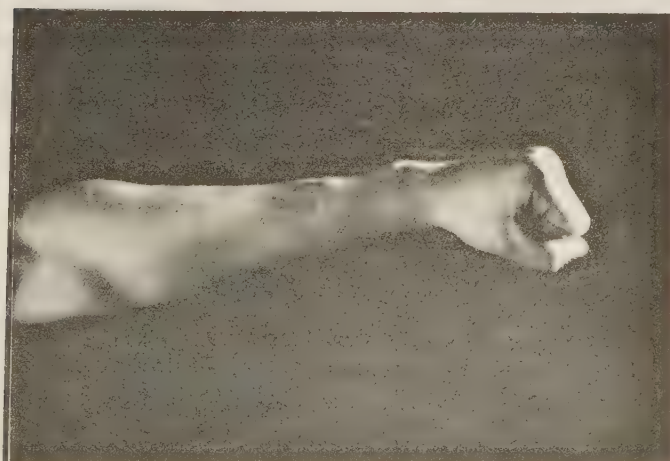


Abb. 14 :

Fall Nr. 6: Im Alter von 4 Jahren Auftreten der Lähmungserscheinungen (tiefe Läsion), mit 6 Jahren Ersatzoperation. Photos 10 Jahre postoperativ.
 Beachte: Faustschluß in nur ca. 0°-Position der Hand, daher etwas unterdurchschnittliche grobe Kraft (48 % der gesunden Hand). Die sonstigen Resultate sind ausgezeichnet (vgl. Tabelle 20, S. 184). Beurteilung: "sehr gut".

2 cm Defekt im Aufzweigungsgebiet des Ram. prof.,daher Naht oder Nerventransplant. unmöglich. - Danach über ca. 5 Monate ambulante Behandlg. bzw. Überwachung (wie auch 1969 bis 1971 dreimal wöchentlich Elektrisieren: erfolglos.) -

4.11.'71: Ersatzoperation (FDS IV auf EDC,ED II,EPL / FCR auf APL,EPB). - Nachbehandlung: 6 Wochen Gipsfixation,dann zweimal wöchentlich ambulante Nachbehandlung (Reizstrom) in Windsheim über ca. 1/4 Jahr. - Der Patient hat die Hauptschule durchlaufen und mittlerweile eine Zimmermanns-Lehre begonnen. Da er noch in der Ausbildung steht,ist eine evtl. Erwerbsminderung nicht festgestellt. Der Pat. übt seine Tätigkeit jedoch ohne Schwierigkeiten aus,nur die relativ geringe Kraft der linken Hand stört etwas beim Sägen. Die Arbeit der linken Hand wird auch als "etwas langsam" empfunden. Die Geschicklichkeit ist sehr gut,z.B. keine Schwierigkeiten beim Gabelhalten oder Knöpfeschließen. Daumenfunktion sehr gut. In Ruheposition steht die Hand ca. 20° radial abduziert und ebenfalls 20° im Handgelenk flektiert. Aktive Handstreckung ist nach wie vor normal,allerdings dann mit 30° Radialabduktion. Faustschluß in 0°-Stellung. - Nachuntersuchung: 29.3.'82,d.h. 10 Jahre nach der Op. -

Beurteilung: sehr gut.

Nr. 7: (Archiv-Nr.: 136 593)

E. Ho.,männlich,geb. 17.2.1943. Beruf vor Läsion: Bauarbeiter. 20.11.'70: Motorradunfall mit linksseit. Oberarmfraktur und dadurch bedingter hoher Radialisläsion,Begleitschaden: N. musculocutaneus. - Nach Erstversorgung im Mai '71 Marknagelung d. Humerus (Kronach). - Mai '71: Neurologie (Totalparese N. radialis,hochgradige Läsion N. musculocutaneus). - Da aber gewisse Restmotilität (Brachioradialis,Ext. carpi rad.,insbes. aber im Ber. des N. musculocut.) vorhanden,von Mai bis Sept. '71 in Kronach konservative Behandlung mit Krankengymnastik und Reizstrom. - 25.5.'71: Uniklinik Erlangen,Radialisrevision: Nerv etwa in Oberarmmitte durch Kallus und Narben ummauert,im Plexusbereich perlschnurartige Neurome. Abbruch der Op.,da Defekt bei Resektion aller Neurome von Oberarmmitte bis Plexus reichen würde. - Sept.'71: Erneut Neurologie: Handgelenkstrecke sind zwar klinisch total ausgefallen,zeigen aber im EMG gute Regenerationstendenz. Empfehlung des Neurologen: konservative Weiterbehandlung. - Nov.'71: keine Besserungsanzeichen,Entschluß zur

Plastik. - 16.11.'71: Ersatzoperation (FCU auf EDC / FCR auf APL,EPB / FDS IV auf EPL durch die Membrana interossea (!) / Tenodese: BORL,BORB durch Bohrloch im Radius). - Nachbehandlung: 6 Wochen Oberarmgips. Anschließend ambulant in Kronach insgesamt ca. 12-14 mal Unterwasserlavage und Reizstrombehandlung. - Komplikationen: bei der Ersatzop. wurde eine Pseudarthrose des Humerus festgestellt (Bruch der Rush-pins),die bis 1973 ausheilte (nach Verplattung). Mai '79: Extirpation eines Neuroms (Nautast N. medianus li. Unterarm). Pseudarthrose des li. Radius (Diagnose Febr.'80) heilt nach Verplattung bis Juli '81 aus. - Die Tenodese hat über mehr als 10 Jahre sehr gut gehalten und nicht nachgegeben. Sie stört den Pat. in keiner Weise. Das Fingerspiel ist mittelmäßig: Auseinanderspreizen der Finger schlecht möglich. Die Geschicklichkeit ist recht gut: zwar fällt die Handhabung des Essbesteckes etwas schwer, An- und Aus-schließen oder Knüpfen der Schuhbänder macht dagegen keine Schwierigkeiten. In Ruheposition 15° Radialabduktion. Der Pat. ist im wesentlichen zufrieden und beklagt nur, daß seine Hand "kraftlos" ist und öfter "einschlüft". Faustschluß allerdings (starke Dorsalflexion ,Tenodese!) relativ kräftig. - Erwerbsminderung 50%, der Pat. war drei Jahre ohne Arbeit und ist jetzt mit leichterer Arbeit in einer Schuhfabrik beschäftigt. Dort muß er das Loch sehr häufig anlöten, was bei 1,2 Volt nicht zu leben, wie bei einer Lichtbogenart durch das Loch möglich ist. - Nachuntersuchung: 28.4.'82, d.h. 10 $\frac{1}{2}$ Jahre nach der Op. Beurteilung: gut.

Nr. 8: (Archiv-Nr. 145 437)

G. Ro., männlich, geb. 20.3.1927, Beruf vor Läsion: Landwirt. - 19.7.'71: Arbeitsunfall durch Aufschlag eines Rindes bei der Stallarbeit auf den re. Unterarm: Weichteilverletzung, tiefe Radialisläsion (Ram. prof. gequetscht). - 11.8.'71: Revision im prox. Unterarmbereich (Krankenhaus Ansbach): "Nerv nicht rekonstruierbar". - 7.12.'71: Erneute Revision des Ram. prof. in der hiesigen Klinik: narbige Veränderungen des tiefen Radialisastes 5 cm distal der Gabelung des N. radialis, wenige cm weiter völlige Durchtrennung mit Neurom am prox. Stumpf. Irreparabel, da Durchtrennung im Bereich der Aufzweigung in die Muskeläste. - 20.1.'72: Ersatzoperation (FDS IV auf EDC, EPL / FCR auf APL, EPB / Handstrecker intakt, wenn auch deutlich geschwächt). Komplikation: starke postop. Schwellung. -



Abb. 15 :

Fall Nr. 8: Tiefe Läsion, Photo 10 Jahre postoperativ.
Grobe Kraft: 60 % der gesunden Hand; aber nicht ganz
so gute Geschicklichkeit. Beurteilung: "gut bis sehr gut".

Nachbehandlung: 6 Wochen Oberarmgips. Praktisch keinerlei Nachbehandlung (nur 2 ambulante Sitzungen). - Die Regeneration der Funktion dauert dann auch relativ lange (ca. 9 Monate). Etwa 1 Jahr nach der Plastik wurde bei einer Nachkontrolle eine nachträgliche Tenodese erwogen, vom Pat. aber abgelehnt, da er Wert auf Flexion des Handgelenks legt. - Die Fingerstreckung ist im Vergleich zu anderen Fällen schlecht. Daumenfunktion sehr gut. Finger- und Handgelenksbeugung leicht eingeschränkt. Der Pat. ist zufrieden, bes. mit der Funktion des Daumens. Die Geschicklichkeit ist allerdings beeinträchtigt (Zunäpfen des Hemdes prakt. unmöglich). Hingegen reicht die grobe Kraft (z.B. beim Mistladen) aus. Die Handöffnung ist behindert, für den Pat. ist aber die Fähigkeit zum einigermaßen festen Zugriff die Hauptsache. Die Schwierigkeiten bei diffizilen Tätigkeiten werden als nicht gravierend empfunden. Schreibfunktion: ca. 1/2 Jahr nach Ersatzop. Schreiben wieder möglich, wenn auch zunächst schmerzhaft. Der Unterarm ist nach links gekippt, etwas langsam und vor allem dann unsicher, wenn der Unterarm nicht aufgestützt wird. - Bemerkung: Der Pat. ist noch als "Hobby-Landwirt" tätig, aber inzwischen hauptberuflich Bürgermeister.

Nachuntersuchung: 29.3.'82, d.h. 10 Jahre nach der Op.

Beurteilung: gut (bis sehr gut).

Nr. 9: (Archiv-Nr. 140 563)

I. Pfl., weiblich, geb. 26.10.1928. Beruf vor Läsion: Metzgerin. - 28.8.'64: Verkehrsunfall mit multiplen Ober- und Unterarmfrakturen linksseitig, dabei hohe Radialisläsion. Hand- und Fingerstreckung unmöglich, aber keine Angaben über Sensibilitätsausfall. - Erstversorgung in Bamberg, anschließend in Tübingen Radialisrevision und Neurolyse. (1970). - Keine Angaben im Krankenblatt über die Zeit bis 1972. - 1.2.'72: sieben-einhalb Jahre (!) nach der Läsion Ersatzoperation (FS IV, EDC, EPL / FCR auf APL, EPB / transossäre Tenodese des C7/8). Oberarmgips, sonst keine Angaben über Nachbehandlung. - Im April '72 Resektion eines Adeno-Karzinoms der Cardia. - Nachuntersuchung: keine (Pat. ca. Ende '72 verstorben.)

Nr. 10: (Archiv-Nr. 136 824)

J. Li., männlich, geb. 1.2.1948. Beruf vor Läsion: Drucker. '

7.10.'70: Arbeitsunfall: Walzenquetschung der re. Hand an einer Druckmaschine mit Verrenkung der *Carpometacarpalgelenke* II bis V, tiefe Radialisläsion und vollständige Medianusparese. - Erstversorgung in Fürth. - 26.5.'71: Neurologie ergibt Regenerationszeichen des N. radialis (bes. gute Prognose für die Fingerstrecker), Medianus dagegen unverändert. - August '71: Revision und Neurolyse des N. medianus, danach ambulante Nachbehandlung (Elektrotherapie, Krankengymnastik). - 3.11.'71: Erneut Neurologie: im EMG beginnende Regeneration des Abduktor poll. brevis, sonst keine Änderungen. Ausgeprägte Muskelatrophie. - 27.4.'72: Ersatzoperation: Radialis- und Opponens-Plastik (FDS IV durch Sehnenschlinge des FCU auf APB, Ulnarseite d. Daumengrundgelenks - - - FCR auf EPB, APL / ECRB auf WPL / Fingerstrecker regenerieren, daher nicht versorgt.) - Nachbehandlung: ca. 3 Wochen Gipsfixation, dann in Fürth ambulant Krankengymnastik und Reizstrombehandlung. - Ab Oktober '72 wieder gearbeitet. Trotz 35% Erwerbsminderung ist der Pat. immer noch im alten Beruf als Drucker tätig. Fingerstreckung gut. Daumen: weder Palmarabduktion noch Flexion oder Opposition in größerem Maße möglich. Grobe Kraft schlecht, ebenso Greifkraft. In beiden keine Sensibilitätsstörungen. - Der Patient ist bis auf die schlechte Daumenfunktion zufrieden: beim Heben eines Glases muß z.B. der Daumen passiv mit der anderen Hand abduziert werden, da sonst das Zugreifen nicht gelingt. Knöpfeschließen schwierig (mit der linken Hand, da rechts unmöglich.) Der Pat. ist nach wie vor Rechtshänder, hat aber z.T. auf links "umgelernt"! Beim Schreiben hält der Pat. den Stift recht geschickt zwischen Zeige- und Mittelfinger. Die Thenarmuskulatur ist deutlich atrophiert. - Nachuntersuchung: 24.3.'82, d.h. 10 Jahre nach der Op. Beurteilung: mittel.

Nr. 11: (Archiv-Nr. 150 667)

R. St., weiblich, geb. 18.3.1925. Beruf vor Läsion: Verkäuferin. 31.1.'72: Arbeitsunfall (Pat. stürzt im Laden und verletzt sich den re. Unterarm an einer zerbrochenen Bierflasche), zwei Schnittwunden, keine Frakturen, rechtsseitige tiefe Radialisläsion (aber nur Fingerstrecker gelähmt), Anästhesie im Ulnaris-Bereich. - 31.1.'72: noch am Unfalltag Revision: Ulnaris (Sensibilitäts-~~störung~~!) intakt, beim Ram. prof. n. radialis ist ausschließlich der zum Ext. digit. comm. ziehende Ast zu 2/3 durchtrennt, also

nur p a r t i e l l e Radialisläsion. Neurolyse, Wundversorgung. Versuch der Nervennaht mißlingt: Defizienz zu groß, Mobilisierung des Nerven nicht möglich, da der Defekt nur 1-2 cm vor Einstrahlung in den Muskel lokalisiert ist. Versuch der groben Adaptation gelingt ebenfalls nicht. - Febr./März '72: Reizstrombehandlung. - 24.4.'72: Neurologie ergibt Paralyse des EDC, APL und ECU, keine Motilitätsstörg. im Ulnaris-Bereich. Sensibilität teilweise regeneriert, Ausfall beschränkt sich auf einen Streifen ulnar am kleinen Finger. Fingerstreckung, Ulnarabduktion der Hand und Auseinanderspreizen der Finger unmöglich. - 28.4.'72: Ersatzoperation (da nur der EDC irreparabel geschädigt ist, wird nur er versorgt: FDS IV auf EDC, ED V / die ursprünglich beabsichtigte Verpflanzung des FCU ist nicht möglich, da dessen Muskelbauch bis ans Carpalband herunterreicht und so nur schwer bzw. gar nicht mobilisiert werden kann.) - Nachbehandlung: 6 Wochen in Gips. Über 1/2 Jahr dreimal wöchentlich in Amberg ambulant Reizstrombehandlung und Unterwassermassage. - Fingerstreckung ausgezeichnet, aber Fingerbeugung (bes. D IV und V) deutlich behindert. "Klavatur" der Finger im Vergl. zu anderen Fällen mäßig, insbes. der Ringfinger kann einzeln schlecht bewegt werden. Wegen des "steifen" Ringfingers fällt auch das Schreibmaschinenschreiben schwer. Die Pat. "arbeitet" praktisch nur mit Zeigefinger und Daumen. Gitarrespielen und Kartoffelschälen ist nicht mehr möglich. Infolge der eingeschränkten Fingerbeugung ist ein vollständiger Faustschluß nicht möglich, die grobe Kraft läßt zu wünschen übrig: die Hand "zittert bei Anstrengung", Probleme beim Halten des Regenschirmes oder der Handtasche. Die Schreibfunktion ist an sich ausgezeichnet, jedoch kommt es gelegentlich zum "Verschmieren" der feuchten Schrift mit dem schlecht bewegl. Mittel- u. Ringfinger. Im Winter wird die re. Hand sofort blau. Daumenfunktion ausgezeichnet, nur die Opposition ist etwas behindert. Zufriedenheit der Pat.: "so la la". - Erwerbsminderung: 25 %. Die Pat. ist jedoch noch immer als Verkäuferin im Geschäft ihres Ehemannes tätig. - Nachuntersuchung: 31.3.'82, d.h. 10 Jahre nach der Op. Beurteilung: gut.

Nr. 12: (Archiv-Nr. 162 081)

C. Th., männlich, geb. 6.4.1957. Beruf vor Läsion: Elektromaschinenbauer-Lehrling. - 15.9.'72: Moped-Unfall, dabei: Oberarmbruch li. mit hoher Radialisläsion, zusätzlich linksseitige Plexusschädigung

(Motorik von N. medianus und N. ulnaris beeinträchtigt, aber allmähliche Besserung, kein Sensibilitätsausfall außer an der radialen Daumenseite), außerdem: Fraktur des li. Femur, Thrombose der A. brachialis. - Bis Okt. '72: Erstversorgung und Frakturenbehandlung. Dann Radialisschiene und Krankengymnastik. - Im Krankenblatt keine Angaben über eine Radialisrevision bzw. deren Ergebnis. - 20.2.'73: Ersatzoperation (FCU auf EDC und EPL / FDS IV auf APL, EPB / PT auf ECRL, ECRB. -- PL kann nicht verwendet werden, da nicht angelegt.) . - Nachbehandlung: 3 Wochen Gipsfixation. Der Pat. kommt anschließend ca. 10 mal zur ambulanten Krankengymnastik und Reizstrombehandlung in die hiesige Klinik. - Daumenfunktion mäßig. Fingerstreckung im Vergl. zu anderen Fällen schlecht. Handgelenkstreckung gut, Beugung dagegen eingeschränkt. Bei Extension des Handgelenks werden die Finger gebeugt. Beim "freien" Faustschluß steht die Hand in 15° Dorsalflexion, dagegen in 5° Volarflexion bei Umklammerung eines Gegenstandes. Deshalb sehr schlechte Kraft beim Faustschluß. Supination bis 90° möglich. Geschicklichkeit nach Angabe des Pat. sehr schlecht, z.B. große Schwierigkeiten beim Essen (dies ist jedoch z.T. auf Bewegungseinschränkungen im Schulter- und bes. im Ellenbogengelenk zurückzuführen). Oberarm stark atrophisch. Die Hand wird nicht geschont (Schwimmen, Holz sägen etc.). Das objektive Resultat ist in Anbetracht der Schwere der Verletzung durchaus gut bzw. mindestens mittel, der Patient ist jedoch deprimiert und sehr unzufrieden, besonders, weil er z.Zt. arbeitslos ist: 40 % Erwerbsminderung, nach dem Unfall einige Zeit als Installateur-Lehrling tätig. - Nachuntersuchung: 22.4.'82, d.h. 9 Jahre nach der Op, Beurteilung: mittel.

Nr. 13: (Archiv-Nr. 162 689)

H. Tü., geb. 10.1.1936. Beruf vor Läsion: Arbeiter. - 18.7.'72: Schnittverletzung durch Glasscherben (Bierflasche), anscheinend im Zuge einer Schlägerei am Arbeitsplatz (infolge Sprachschwierigkeiten - Pat. ist türkischer Gastarbeiter - sind die Krankenblatt-Angaben zur Anamnese wenig zuverlässig). Schnittwunden am li. Unterarm mit typischer tiefer Radialisläsion. - Pat. erkrankte an M. B. - 6.10.'72: Neurologie: Paralyse des ECU, EDC, EPL, APL. - 3.4.'73: Revision ergibt 3 cm lange Narbe des Nerven im Aufzweigungsgebiet seiner motor. Äste. Darstellung der Div. Muskeläste gelingt nicht, Nervennaht daher unmöglich. -

über 2 Monate Bewegungsübungen. - 26.6.'73: Ersatzoperation (FCU auf EDC, BPL / FCR auf APL, SPB / der sehr kräftige PL wird belassen und an seiner Stelle der FCR verpflanzt. Vom FCU muß ein Teil des Muskelbauches reseziert werden, da das Muskelgewebe zu weit nach distal reicht.) - Nachbehandlung: Gipsfixation anscheinend nur über 2 Wochen, da am 9.7.'73 wieder einbestellt zu Krankengymnastik und Übungstherapie. Keine weiteren Angaben. - Nachuntersuchung: keine (Anschrift des Pat. nicht zu ermitteln, vermutlich in sein Heimatland zurückgekehrt.)

Kr. 14: (Archiv-Nr. 205 915)

C. Go., weiblich, geb. 12.5.1930. Beruf vor Läsion: Hausfrau. - Klein Trauma. - 12.7.'74: in Augsburg Resektion eines 3 x 3 x 3 cm großen Lipoms aus der Muskulatur des re. Unterarmes. Nach der Op.: tiefe Radialis-Parese, die konservativ nicht zu bessern ist. - 31.7.'74: Neurologie: EDC, ED II total ausgefallen, ECR Teilschaden. - Radialisschiene. - Nach anfänglichen Schwierigkeiten kann das Handgelenk aktiv gestreckt werden. - 16.1.'75: Erneut Neurologie: EDC weiterhin total gelähmt. - 13.8.'75: Ersatzoperation (FCU auf EDC, ED II / PL auf APL, SPB). - Nachbehandlung: keine Angaben über Dauer der Gipsfixation. - Nachuntersuchung: keine (Pat. reagiert nicht auf unsere Briefe).

Kr. 15: (Archiv-Nr. 199 284)

D. He., männlich, geb. 30.5.1946. Beruf vor Läsion: KFZ-Meister. - 15.9.'73: Motorradunfall mit multiplen Frakturen des li. Armes, Zerreißung des N. radialis loco typico am Oberarm (Hohe Läsion), außerdem Plexusschädigung. - Erstversorgung in Amberg. Dort mißglückter Versuch einer Nervennaht (Dehiszenz über 4 cm). Krankengymnastik, bes. wegen der Bewegungseinschränkung im Ellenbogengelenk. Sept.'74: Überweisung nach Erlangen. - 1.10.'74: Neurologie: "Obere Armplexuslähmung links", im EMG der ges. Muskulatur li. meist massiv ausgeprägte Spontanaktivität als Ausdruck der neurogenen Läsion. Beeinträchtigt auch Biceps (Spontanakt.) und Deltoideus (Rarefizierung). - 7.2.'75: Plattenentfernung, dabei laut Op.-Bericht keine Revision. - Sept. '75: Befund: Hypästhesie im Bereich von N. radialis und N. medianus, N. ulnaris "wenig beeinträchtigt bis normal". Der li. Arm kann praktisch nicht bewegt werden, leichte Abduktion nur durch Bewegen der

Scapula möglich. Extension für Finger und Hand unmöglich, Beugung dagegen o.B., Abduktion des kleinen Fingers möglich. -
4.9.'75: Ersatzoperation (FCU auf EDC / PL auf APL, EPB / PT für die Handstrecker ist wegen der Narbenplatte nicht darstellbar, deshalb Tenodese: Sehnenraffung von ECRL, ECRB.) -
Nachbehandlung: 2 Wochen volare Gipslonguette. Über ca. 1/2 Jahr lang zweimal wöchentlich Krankengymnastik und Massagen. -
Die Sensibilität ist an der ulnaren Handkante und an den Ulnarseiten des IV. und V. Fingers gestört ("pelzig"). Anästhesie im Ber. des radialen Handrückens, dort mehrere Brandblasen, die sich der Pat. bei Schweißarbeiten zuzog. Muskulatur an Ober- und Unterarm atrophisch. Aktive Bewegung sowohl im Schulter- wie auch im Ellenbogengelenk praktisch unmöglich. Fingerbeugung absolut normal, ausgezeichnete Kraft des Faustschlusses (Hand steht durch Tenodese 25° dorsal fixiert). Fingerstreckung gut. Daumenfunktion schlecht: Palmarabduktion z.B. ganz unmöglich. Atrophie der Finger: Daumenglied 7 mm, Endglieder der anderen Finger 5-7 mm, Mittelglieder 5 mm. Grundglied des Zeigefingers 7 mm, sonst kaum. Das Fingerspiel ist überraschend gut. Die Geschicklichkeit ist trotzdem "sehr schlecht". Zum Zugreifen muß der Pat. mit der gesunden re. Hand den li. Unterarm umfassen und die li. Hand an den Gegenstand heranführen. - Erwerbsminderung: 70 % (schwerbehindert; höchster Wert von allen unseren Patienten). Der Pat. mußte nach anfänglichen Versuchen seinen Beruf aufgeben und ist jetzt als freier Handelsvertreter tätig. -
Nachuntersuchung: 26.4.'82, d.h. 7 Jahre nach der Op. - Dem Pat. wurde empfohlen, sich nochmals neurologisch untersuchen zu lassen.
Beurteilung: mittel.

Nr. 16: (Archiv-Nr. 208 770)

R. Jo., männlich, geb. 1.3.1951. Beruf vor Läsion: Monteur. -
11.9.'74: Arbeitsunfall (Explosion einer Gasflasche): komplizierte komplette Unterarmfraktur re., multiple Frakturen der re. Hand, unmittelbar posttraumatisch keine Anzeichen für Nervenläsion. Erstversorgung in Bayreuth: zunächst keine Op. wegen schwerer Weichteilschädigung, konservative Einrichtung mißlingt. - 15.10.'74: (Bayreuth) Plattenosteosynthese, danach keine Nervenläsion. - 15.11.'74: (Bayreuth) Wegen fort-dauernder Fehlstellung Zweiteingriff zwecks Resektion des
ulnaren Knochens, dabei iatrogene Radialschädigung: postoperativ typisches Supinatorlogensyndrom. Handstreckung möglich. EMG

ergibt: ECRL leicht, ECU stärker gestört; EDC total gelähmt. Daumenabduktion unmöglich. Keine Sensibilitätsstörungen. - Konservative Behandlung (Elektrotherapie) bleibt erfolglos. - 19.3.'76: Ersatzoperation (FCU auf EDC, ED II, EPL / PL auf APL, EPB / zugleich Plattenentfernung). - Nachbehandlung: 3 Wochen volare Gipschiene. Ambulante Nachbehandlung in Bayreuth. Über ca. 1 Jahr täglich mehrere Stunden (abends) eine Radialisschiene getragen. - Die Bewegung im Ellenbogengelenk ist etwas eingeschränkt (sowohl Beugung wie Streckung). Supination ist bis 45° möglich, aber schmerzhaft. Keine Atrophien. In Ruhe steht die Hand 15° radial abduziert. Wie viele Patienten vollzieht auch dieser die "Trickbewegung", zur Handöffnung bzw. Fingerstreckung das Handgelenk zu beugen. Umgekehrt beugen sich die Finger bei Dorsalflexion der Hand. Das Fingerspiel ist sehr gut. Die Daumenopposition gelingt relativ schlecht, auch stört der Daumen beim Faustschluß. Abgesehen davon ist die grobe Kraft ausgezeichnet (z.B. Koffertragen), wenn auch - genauso wie diffizile Feinarbeit - ermüdend. Beim Essen muß der Pat. den Löffel in der linken Hand halten, gelegentlich hat er Schwierigkeiten beim Knöpfeschließen. Handgelenkbewegungen sind oft schmerzhaft. Das Schreiben geht etwas langsam, "eckig" und ermüdet, ist aber ohne weiteres möglich. - 35 % Erwerbsminderung. Für den Monteur-Beruf ist die Fingerfertigkeit nicht mehr ausreichend, der Pat. ist als Baggerführer und vor allem als Kraftfahrer beschäftigt. - Nachuntersuchung: 19.4.'82, d.h. 6 Jahre nach der Op. Beurteilung: gut.

Nr. 17: (Archiv-Nr. 215 818)

K. La., männlich, geb. 17.10.1946. Beruf vor Inzision: Lagerarbeiter. - 8.2.'75: Sportverletzung (Fußtritt auf den re. Unterarm beim Fußballspielen), kompletter rechtsseitiger Unterarmbruch (später Pseudarthrose des Radius). Unmittelbar posttraumatische Symptome der tiefen Radialisläsion. - Erstversorgung in Hof. - 30.9.'75: in Erlangen Op. nach Bruch der Radiusplatte mit beginnender Pseudarthrosenbildung. Neuverplattung und Revision des Ram. prof., der aber wegen massiver Schwartenbildung nicht darzustellen ist. Vermutung: Druckschädigung durch Schwarten und Kalluswülste. - Elektrisierende Übungsbehandlung, wegen eines Ekzems kann keine Radialisschiene getragen werden. - 18.10.'76: Neurologie: ECR nur ganz leicht geschädigt, dagegen

Paresegrad 0 bei ECU und EDC. - 10.1.'77: Erneut Neurologie mit demselben Ergebnis. - Nach über 2 Jahren ist an eine Nervennaht nicht mehr zu denken: 24.5.'77: Ersatzoperation (FCU auf EDC / PL auf APL, EPB / da Extension im Daumenendgelenk noch möglich war, wird der EPL nicht versorgt. Bei der Op. werden Teile der Streckmuskulatur bereits nekrotisch gefunden. Ischämische Atrophie des ECU.) - Nachbehandlung: 3 Wochen Gipsfixation. Etwa 3 Monate lang Krankengymnastik und Reizstrombehandlung in Hof. - Die Handstreckung ist mäßig, die Fingerstreckung dagegen sehr gut, ebenso die "Klaviatur". Die Hand steht in 15° Radialabduktion. Trotz guter Faustschlußposition (25° Dorsalflexion) grobe Kraft recht schwach. Bei Kraftausübung "Steifwerden" der Finger. Mittelfinger und kleiner Finger "schnellen" bei der Beugung. Das Zugreifen "von oben" ist sehr schlecht möglich. Der Pat. hat Schwierigkeiten bei komplizierten Tätigkeiten, z.B. kommt er mit der re. Hand nur äußerst schwer in die Hosentasche. Wenn Pausen eingeschaltet werden, ist das Schreiben völlig normal wie vorher möglich. Atrophie nur bei Grund- und Mittelglied des Ringfingers (5 mm). Supination bei gebeugtem Arm 90° , bei gestrecktem 45° . - Erwerbsminderung 40 %. Der Pat. mußte den Beruf wechseln, war zuerst als Arbeiter in einer Schuhfabrik tätig. Als dies nicht mehr ausübbar war, arbeitete er einige Zeit als Pförtner. Diese Stellung hat er gekündigt und ist nun seit Juni '81 arbeitslos. - Nachuntersuchung: 26.4.'82, d.h. 5 Jahre nach der Op. Beurteilung: gut.

Nr. 18: (Archiv-Nr. 216 040)

A. He., männlich, geb. 26.10.1949. Beruf vor Läsion: Elektromonteur und LKW-Fahrer. - 31.8.'75: Autounfall mit Commotio cerebri, offener kompl. Unterarmfraktur li., Mittelfußfraktur li. N. medianus ausgefallen, "mittelhohe" Radialisläsion: Parästhesien streckseitig I. bis III. Finger, Handstrecker nur teilgeschädigt. Da die Extensoren der Hand bei der Plastik nicht versorgt werden und relativ gut intakt sind, wird dieser Fall als "tiefe Läsion" klassifiziert. - Erstversorgung (in der hiesigen Klinik) kompliziert durch Infektion. Ab Sept.'75 Krankengymnastik und Radialisschiene, außerdem Elektrotherapie. 21.11.'75: Neurologie: Paresegrade: Handstrecker 4-5, Fingerstrecker 3, Fingerbeuger 3, Handbeuger 6, Abduktoren d. Daumens u. Flex. poll.

long. O . Hypästhesie im Radialis-Dermatom sowie der Daumen- und Zeigefingerbeere. Maximale Lähmung der vom N. median. versorgten kleinen Handmuskeln beeinträchtigt die Beugung bes. des I.-III. Fingers. - 10.3.'76: Neurologie mit demselben Ergebnis: Hochgradige Lähmung des Ram. prof. n. radialis und des N. medianus. Der Pat. geht allerdings seit Anfang '76 nicht mehr zum Elektrisieren, der N. medianus erholt sich allmählich. - 10.6.'77: Erneut Neurologie: Fingerstrecker PG 0, ECU PG 1-2, Daumenballen-Muskulatur PG 6, immer noch Sensibilitätsstörung wie oben. - 24.6.'77: Revision und Ersatzoperation: der Ram. prof. ist im Narbengewebe nicht sicher auffindbar. Ischämische Kontrakturen. Deshalb Ersatzoperation (FCU auf EDC / FDS IV auf EPL / PL auf APL, EPB) . - Nachbehandlung: 6 Wochen volare Gips-longuette. Danach insges. ca. 6 Wochen dauernde ambulante Nachbehandlung in Bayreuth mit Krankengymnastik, Reizstrom, Bädern, Massagen. - Der Daumen ist atrophiert (Endglied 8 mm, Grundglied 5 mm). Daumenabduktion ist sehr gut möglich, Flexion im Endgelenk und Opposition dagegen stark eingeschränkt. Handgelenk kann fast normal gestreckt und gebeugt werden, die Hand steht beim Faustschluß in 15° Radialabduktion. Die Fingerstreckung ist sehr gut, die individuelle Fingerbeweglichkeit weniger gut. Die grobe Kraft ist offenbar ganz hervorragend, da der Pat. 80-kg-Manteln stemmt. Im Gegensatz dazu ergibt die Messung der groben Kraft ein sehr mäßiges Resultat, was aber vielleicht auf Schwierigkeiten oder Ungeschicklichkeit des Pat. beim Halten und Umfassen des Kraftmessers zurückzuführen ist. Supination bei gestrecktem Arm stark eingeschränkt. Sensibilität der Daumenbeere gestört, außerdem leichte Parästhesien radial-distal am Unterarm. Der Pat. ist zufrieden. Er ist nach wie vor im alten Beruf als Elektromonteur/Fahrer beschäftigt, es wurde keine Erwerbsminderung festgestellt. -
Nachuntersuchung: 22.3.'82, d.h. 5 Jahre nach der Op.
Beurteilung: sehr gut.

Nr. 19: (Archiv-Nr. 274 463)

N. Mi., männlich, geb. 22.5.1948, Beruf vor Läsion: Geologe. - 10.10.'78: Autounfall: 2 Tage bewußtlos (Comm. cerebri), Nasenbein- und Rippenfraktur, Trauma des N. ulnaris l i n k s , am re. Unterarm 8 cm lange Weichteilwunde mit Radialisläsion (r e c h t s). Wie in Fall Nr. 18 tiefe Läsion, aber Grenzfall zur hohen Läsion: Handstrecker intakt, Sensibilitätsverlust

an der Radialseite des re. Unterarmes. - 19.12.'78: Revision und Ersatzoperation: Der Ram. prof. endet mit verschiedenen sehr dünnen Aufzweigungen in der Unfallnarbe. Distal der Narbe sind keine Äste mehr in der Muskulatur darstellbar, nur noch einige ganz dünne Nervenfasern, die zur Nerventransplantation nicht geeignet sind. Daher sofort Ersatzoperation (FCU auf EDC und EPL / PL auf APL, EPB) . - Nachbehandlung: 4 Wochen in Gips. Dann zur Nachbehandlung an die Uni-Nervenklinik Erlangen überwiesen, dort Krankengymnastik und Reizstrombehandlung. -

Nachuntersuchung: keine (der Pat. stammt aus Bulgarien und ist mittlerweile dorthin zurückgekehrt.) Nach Aussagen von verschiedener Seite ist das Resultat aber als hervorragend zu betrachten, der Pat. kann seine rechte Hand vollkommen normal gebrauchen, ein Unterschied zu einer gesunden Hand ist praktisch nicht feststellbar. Entspr. Beurteilung ist daher berechtigt. Beurteilung: sehr gut

Nr. 20: (Archiv-Nr. 176 894)

M. R8., männlich, geb. 13.12.1963. Beruf vor Läsion: Schüler. - Unklare Ursache für Radialisläsion: im Sommer '78 bemerkte der Pat. mangelnde Fingerextension im Grundgelenk III. bis V. Finger der li. Hand. Auseinanderspreizen dieser Finger nicht möglich, Kraft leicht eingeschränkt. Seit dem 3. Lebensjahr litt der Pat. an Sclerodermie (li. Bein und li. Arm), die aber 1975 zu Stillstand gekommen sei. Handgelenk und Daumen sind einwandfrei beweglich, es spricht alles für eine partielle Läsion des Ram. prof. - 21.11.'78: Revision und Neurolyse. Im distalen Oberarmbereich sehr "starkes, messerscharfes" Septum zwischen Biceps und Triceps. Der N. radialis ist zwar unverletzt, erscheint aber durch dieses Septum eingeengt. Neurolyse. Im prox. Unterarmbereich keine Anzeichen für patholog. Enge des N. Dagegen zeigt sich eine deutliche Atrophie des EDC. Histologischer Befund: "primär myogene Muskelatrophie, keine Anzeichen für Sclerodermie". - 9.2.'79: Erneut Revision: irreversibel Atrophie des EDC, ED II normal, ebenso ohne Befund: EPL, ECR, ECU, Brachioradialis und Supinator. Ersatzoperation, bei der der intakte ED II auf die Strecksehnen des III., IV. und V. Fingers genäht wird. - Nachbehandlung: 3 Wochen Gipschiene. Dann für knapp 1/2 Jahr zwei- bis dreimal wöchentlich in der Kopf-klinik Erlangen Krankengymnastik und Reizstrom-

behandlung. - Deutliche Atrophie am linken Arm: 10cm oberhalb Olecranon 6,5 cm Atrophie, 10 cm unterhalb Olecranon 3 cm Atrophie. Supination normal. Der li. Arm ist voll beweglich, allerdings mit verminderter Kraft. Extension der Hand und des Zeigefingers sowie Daumenfunktion ebenfalls normal. Bei Dorsalflexion der Hand stehen die Finger flektiert. Die Geschicklichkeit ist ausgezeichnet: der Pat. spielt sehr gut Gitarre. Beim Klavierspielen stört allerdings die behinderte Fingerstreckung. Im Vergleich zu anderen Fällen ist die Extension der Finger relativ schlecht, wenn auch funktionell völlig ausreichend. Der Pat. stellt offenbar sehr hohe Ansprüche und ist nur bedingt zufrieden: die eingeschränkte Extension der Fingergrundgelenke III bis V und die damit verbundene geringere Beweglichkeit störe z.B. bei speziellen Grifftechniken an der Gitarre. - Der Pat. besucht z.Zt. noch das Gymnasium. - Nachuntersuchung: 13.4.'82, d.h. 2 Jahre nach der Op.

Beurteilung: mittel (da nur die Fingerstrecker versorgt wurden, diese aber ein schlechteres Resultat zeigen als bei vielen anderen Fällen, erscheint diese Beurteilung gerechtfertigt.)

Nr. 21: (Archiv-Nr. 230 686)

K. Ke., männlich, geb. 31.8.1945. Beruf vor Läsion: Pflasterer. - 14.10.'78: Sportverletzung: beim Sturz vom Pferd komplette linksseitige Unterarmfraktur in Schaftmitte. Zunächst keine Nervenläsion. - 14.10.'78: noch am Unfalltag Verplattung des Bruches, postoperativ massive Schwellung und typische Symptome der tiefen Radialisparese. (Krankenhaus Windsheim). Also offenbar iatrogene Nervenschädigung. - 31.1.'79: Neurologie: ECR intakt, ECU und alle distalen vom N. radialis versorgten Muskeln Paresegrad 0, keine Sensibilitätsstörungen. - 26.3.'79: Erneut Neurologie mit demselben Resultat: keinerlei Besserung, EDC und ECU zeigen im EMG keinerlei Regenerationszeichen. - 27.7.'79: Plattenentfernung und Revision. Rekonstruktion des Ram. prof. nicht möglich, deshalb sofort Ersatzoperation (FDS IV auf EDC, EPL / FCR auf APL, EPB). - Nachbehandlung: 4 Wochen volare Gipslonguette, dann zweimal wöchentlich in Windsheim Krankengymnastik und Reizstrombehandlung über gut drei Monate lang. - Die Supination ist bei gestrecktem Arm leicht gestört. Gesamteindruck: hervorragend, der einzige "Minuspunkt" ist die eingeschränkte Palmarabduktion des Daumens, die mit einer gleichzeit. Flexion des Zeigefingers einher-

geht. Gute Fingerstreckung. Faustschluß in leichter Radialabduktion und 30° Dorsalflexion des Handgelenks, grobe Kraft ausgezeichnet. Das individuelle Fingerspiel und die Geschicklichkeit sind sehr gut. Der Pat. ist vollkommen zufrieden. Er übt nach wie vor seinen Beruf als Pflasterer aus und sah keine Veranlassung, ein Gesuch um Feststellung einer Erwerbsminderung einzureichen. -

Nachuntersuchung: 26.4.'82, d.h. 2 Jahre nach der Op.

Beurteilung: sehr gut.

ZUSAMMENFASSENDE SCHLUSSBETRACHTUNG.

Gegenstand dieser Arbeit war die Therapie der irreparablen Lähmung des N. radialis. Diese Schädigung hat nur unbedeutende sensible, aber überaus gravierende motorische Ausfallerscheinungen zur Folge. Bei der sogenannten "hohen Radialisläsion" - typischerweise als Komplikation einer Humerusfraktur - kommt es zur klassischen Fallhand durch Lähmung der Hand- und Langfingerstrecker. Die radialen Handstrecker bleiben dagegen bei der "tiefen Läsion", der Verletzung des R. profundus nervi radialis am Unterarm ("Supinatorlogensyndrom"), intakt. In beiden Fällen kann auch der Daumen nicht mehr gestreckt und abduziert werden, so daß bei kraftlosem Faustschluß die Funktion der Hand als Greiforgan schwer beeinträchtigt ist.

Das Prinzip der Radialisersatzplastik besteht darin, intakte Beugemuskeln der Hand von ihrem Ansatz abzulösen und sie auf die Streckseite zu verlagern, wo sie dann mit den Sehnen der gelähmten Streckmuskeln vernäht werden und so als Kraftspender wirken.

Die erste Radialisersatzoperation wurde 1894 von DRUBNIK durchgeführt, fand aber damals keine weitere Beachtung. Kurze Zeit später begründete FRANKE (1898) ein Verfahren, dessen wesentlichstes Merkmal - nämlich die Verpflanzung des M. flexor carpi ulnaris auf die paralysierten Fingerstrecker - bis heute Gültigkeit behielt. Während die irreparable Radialislähmung in Friedenszeiten selten ist, so fanden sich in den Kriegen dieses Jahrhunderts eine Vielzahl von Radialisgeschädigten, wodurch die Entwicklung des Verfahrens bedeutende Fortschritte machte. G. PERTHES operierte 1918 nach dem Vorbild FRANKES, behob aber zusätzlich die Fallhand durch Fixation des Handgelenks in Streckstellung mittels Tenodese, wobei die Sehnen der gelähmten Handstrecker am Unterarmknochen befestigt werden. PERTHES' klassische Arbeit von 1918 wirkte bahnbrechend und beherrschte lange Zeit die Diskussion.

Heute aber wird die immobilisierende Tenodese nur noch in Ausnahmefällen - z.B. bei Schwerarbeitern - angewandt, während man sonst dynamischen Lösungen den Vorzug gibt. Letztere gehen zurück auf die Methoden von JONES (1917/21) und STOFFEL (1918).

Der Engländer JONES erreichte die aktive Handgelenkstreckung durch Verpflanzung des M. pronator teres auf die radialen Handstrecker; ein Verfahren, welches bis heute Bestandteil aller gängigen Operationspläne ist. STOFFEL entwickelte das ebenfalls heute noch gültige Konzept der Daumenversorgung, wobei er zwei Kraftspender-Muskeln für die anatomisch und funktionell nicht zusammenpassenden drei gelähmten Daumenmuskeln vorsah: M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis einerseits sowie M. ext. poll. longus andererseits erhielten je einen Spender.

In jüngerer Zeit wird die Radialisersatzoperation zunehmend seltener, da die großen Fortschritte der Nerven Chirurgie eine kausale Therapie durch direkte Wiederherstellung der Nervenfunktion ermöglichen. Daher können sich praktisch alle Publikationen der letzten Zeit auf nur sehr wenige Fälle stützen, wie auch die vorliegende Arbeit mit 21 Patienten.

Dennoch ist zum Thema "Radialisersatzoperation" ein umfangreiches Schrifttum erschienen, wobei sämtliche Teilaspekte des Verfahrens bis heute heftig umstritten sind. So ist diese Arbeit nicht zuletzt deshalb derart umfangreich geworden, weil sie versucht, alle widerstreitenden Ansichten vergleichend nebeneinander zu stellen: aus der Weltliteratur werden rund 100 Operationspläne angeführt, die sich allesamt in der Kombination von Art und Zahl der Kraftspender bzw. -empfänger unterscheiden. Diese verwirrende Vielfalt wurde in zweifacher Weise systematisiert und ausgewertet:

Im zweiten Abschnitt dieser Arbeit erfolgt eine Analyse der zahlreichen Vorschläge zur Wahl der Kraftspender und -empfänger. Die Argumentation stützt sich auf die wenigen Veröffentlichungen mit statistisch auswertbaren Ergebnissen und daneben auf theoretische Erörterungen hinsichtlich anatomischer und muskeldynamischer Gegebenheiten. Dabei wurden besonders auch die Ergebnisse der Nachuntersuchung eigener Patienten berücksichtigt, so daß sich in der Zusammenschau ein Operationsverfahren als das Beste herauskristallisierte, nämlich die Methode von MERLE D'AUBIGNE (1953): demnach verpflanzt man den M. pronator teres auf die radialen Handstrecker sowie den M. flexor carpi ulnaris auf die Fingerstreckmuskeln und den langen Daumenstrecker. Der M. palmaris longus versorgt die

beiden anderen gelähmten Daumenmuskeln.

Im dritten Abschnitt wird die Vielzahl der publizierten Verfahren in tabellarischer Form aufgelistet. Dabei wurde ein Einteilungsschema erarbeitet, nachdem die ca. 100 diversen Methoden in einige wenige Gruppen mit jeweils charakteristischen Merkmalen zu unterteilen sind:

Verfahren mit nur einem oder zwei verpflanzten Kraftspendern beinhalten eine möglichst schonende Operationstechnik, die im Hinblick auf eine mögliche Regeneration der Nervenfunktion die normale Anatomie weitgehend erhalten will. Derselben Methoden werden heute meist nur noch bei der tiefen Radialisläsion praktiziert.

Neben Verfahren mit Versteifung des Handgelenks - typisch mit zwei Kraftspendern und Tenodese - sowie umfangreichen Plastiken mit vier Kraftspendern bevorzugen die meisten der heute gebräuchlichen Methoden drei Kraftspender, in optimaler Weise realisiert in der Technik von MERLE D'AUBIGNE.

Andererseits zeigte die Erfahrung mit unserem Patientengut, daß jeder Fall seine Eigenproblematik hat und individuell behandelt werden muß. 21 Radialisersatzplastiken wurden seit 1956 an der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen durchgeführt; 15 Patienten konnten nachuntersucht werden und von einem 16. Patienten wurde ein ärztlicher Befundbericht ausgewertet. Da eine statistische Auswertung der Ergebnisse bei dieser geringen Fallzahl praktisch kaum möglich ist, wurden die Krankengeschichten einzeln beschrieben. Dieser Teil der vorliegenden Arbeit ist ausführlich gehalten, um einerseits Vergleiche mit den Resultaten aus der Literatur zu ermöglichen und um andererseits die gravierenden sozialen Folgen einer Radialislähmung bzw. der folgenden Ersatzoperation herauszuarbeiten. Es zeigte sich, daß bei 8 Patienten die motorischen Ausfallserscheinungen durch die Ersatzplastik soweit behoben werden konnten, daß ein Berufswechsel nicht erforderlich war. Darunter sind ausgesprochen handwerkliche Berufe, beispielsweise Elektromonteur und Pflasterer. Ein Patient wurde als 6jähriges Kind operiert und konnte mittlerweile eine Zimmermannlehre beginnen.

Die Gesamtbeurteilungen bei 16 Fällen lauteten einmal sehr

gut, 6mal gut, 4mal befriedigend und 1mal schlecht. Der Bewertungsmaßstab richtete sich dabei nicht nur nach den funktionellen Resultaten, sondern auch nach sozialen Parametern: wie kommt der Patient mit seiner Hand zurecht, mußte er seinen Beruf wechseln? Das Gesamtergebnis kann insbesondere deshalb als gut bezeichnet werden, weil bei 7 der nachuntersuchten Patienten auch noch andere Armnerven teilgeschädigt waren.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß die Radialisersatzoperation trotz ihrer Seltenheit in Friedenszeiten ein wichtiges und deshalb auch in der Literatur breit diskutiertes Operationsverfahren darstellt, weil - wie an unseren Patienten dokumentiert - die für den Einzelnen sehr schwerwiegenden Folgen der Nervenläsion dadurch wesentlich gemildert werden können.

LITERATUR

- ABBOTT, L.C.: Reconstructive Orthopedic Surgery for Disabilities Resulting from Irreparable Injuries to the Radial Nerve. - J. Nerv. Ment. Dis., 99, 466-474 (1944).
- ALLBRITTEN, F.F., Jr.: The Surgical Repair of the Deep Branch of the Radial Nerve. - Surg. Gyn. Obstet., 82, 305-310 (1946).
- ALTMAN, H., TROTT, R.H.: Muscle Transplantation for Paralysis of the Radial Nerve. - J. Bone Jt. Surg., 28, 440-446 (1946).
- ANSINN, O.: Faszien-Implantation bei Radialis- und Peroneuslähmung. - Bruns' Beitr. klin. Chir., 105, 587-593 (1917).
- AXHAUSEN, G.: Zur operativen Behandlung irreparabler Radialislähmungen. - Münch. med. Wschr., 62, 164 (1915).
- AXHAUSEN, G.: Zur operativen Behandlung der irreparablen Radialislähmung. - Berl. klin. Wschr., 53, 158-160 (1916).
- BAISCH : Zur Frage der Sehnenoperationen bei irreparabler Radialislähmung. - Münch. med. Wschr., 66, 835-837 (1919).
- BARTON, N.J.: Radial Nerve Lesions. - The Hand, 2, 200-208 (1973).
- BASTOS, A.: Zur Behandlung der Radialislähmung mit Sehnenverpflanzung. - Z. orthop. Chir., 47, 56-63 (1926).
- BAUER, K.H.: Wesentliche Vereinfachung der Perthesplastik bei Radialislähmung. - Chirurg, 17/18, 1-6 (1946).
- BAUER, K.H.: Weitere Vereinfachung der Perthesplastik bei Radialislähmung. - Chirurg, 17/18, 501-503 (1947).
- BELSOLE, R.J., LISTER, G.D., KLEINERT, H.E.: Polyarteritis: Eine Ursache für Nervenlähmungen der Extremitäten. - Handchirurgie, 10, 130 (1978).
- BIESALSKI, K.: Die physiologische Sehnentransplantation. - Springer: Berlin 1916.
- BILLINGTON, R.W.: Tendon Transplantation for Musculospiral (Radial) Nerve Injury. - J. Bone Jt. Surg., 4, 538-547 (1922).
- BLAUTH, W., KÖNIG, G.: Orthopädische Ersatzoperationen bei irreparablen Nervenverletzungen der Hand. - Therapiewoche, 23, 225-235 (1973).
- BÖHLER, J.: Wann sollen Oberarmbrüche mit Radialislähmung operiert werden? - Handchirurgie, 2, 207-209 (1973).

- BONOLA, A.: Indirizzio fisiologico del trapianto tendineo nella terapia delle paralisi inveterate del radiale.- Chir. Organi Mov., 22, 239-254 (1936).
- BRAATZ, E.: Die Sehnenverpflanzung bei Radialislähmung.- Dtsch. med. Wschr., 44, 814 (1918).
- BRANDT, G.: Eingriffe an den Extremitäten; in: Breitner, B.: Chirurgische Operationslehre Bd. IV, Teil 2. - Urban u. Schwarzenberg: München/Berlin/Wien 1980.
- BROOKS, D.M.: Tendon Transplantation in the Forearm and Arthrodesis of the Wrist. - Proc. roy. Soc. Med., 42, 838-844 (1949).
- BUCK-GRANCKO, D.: Erfahrungen mit Radialis-Ersatzoperationen. - Handchirurgie, 5, 105-110 (1973).
- BUNNELL, St.: Surgery of the Hand. - Lippincott: Philadelphia/London 1944.
- BUNNELL, St.: Die Chirurgie der Hand (übersetzt von J. Böhrler). - W. Maudrich: Wien/Bonn/Bern 1958.
- CAMITZ, H.: Operative Behandlung der Radialislähmung. - Acta orthop. scand., 5, 81-86 (1934).
- CHUINARD, G.G., BOYES, J.H., STARK, H.H., ASHWORTH, Ch.R.: Sehnenverpflanzungen bei Radialislähmung: Verwendung der oberflächlichen Beugesehen zur Fingerstreckung. - Handchirurgie, 10, 236 (1978).
- CLEMENS, J.: Plastische Muskeloperation mit getrennten Funktionen. - Chirurg, 19, 272-273 (1947).
- DOMENICONI, S., TRABUCCHI, L.: Contributo clinico-statistico sul trapianto dei muscoli antagonisti al polso nella cura delle paralisi di radiale. - Chir. Organi Mov., 41, 41-67 (1955).
- DROBNIK, K.: Über die Behandlung der Kinderlähmung mit Functionstheilung und Functionsübertragung der Muskeln.- Dtsch. Z. Chir., 43, 473-497 (1896).
- DUMPERT, V.: Ein Vorschlag zur operativen Behandlung der irreparablen Radialislähmung der gelähmten Streckmuskeln. - Bruns' Beitr. klin. Chir., 127, 457-461 (1922).
- EGLOFF : Zur Frage der operativen Behandlung der Radialislähmung. - Zbl. Chir., 43a, 636 (1916).
- ENDER, J., KROTSCHKECK, H., SIMON-WEIDNER, R.: Die Chirurgie der Handverletzungen. - Springer: Wien 1956.
- FICK, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. - G. Fischer: Jena 1911.
- FISCHER, G.: Über Nachbehandlung von Kriegsverletzungen, besonders durch Sehnenplastiken. - Münch. med. Wschr., 62, 1770-1772 (1915).
- FRAGIADAKIS, E.G., PAPA VASSILIOU, N., GIANNIKAS, A.: Variations of Palmaris longus. - Handchirurgie, 10, 149-151 (1978).

- FRANKE, F.: Über die operative Behandlung der Radialis-
lähmung. - Verh. dtsh. Ges. Chir., II, 478-492 (1898).
- FRANKE, F.: Functionelle Heilung der Radialislähmung
durch Sehnenplastik. - Mitt. Grenzgeb. Med. Chir.,
3, 58-70 (1898).
- GAUGELE : Zur Perthes'schen Sehnenverpflanzung bei der
Radialislähmung. - Dtsch. med. Wschr., 45, 1306-1308
(1919).
- GAUGELE : Zur Perthes'schen Sehnenverpflanzung bei der
Radialislähmung. - Dtsch. med. Wschr., 46, 574-575
(1920).
- GELBEKE, H.: Wiederherstellende und plastische Chirurgie. -
Thieme: Stuttgart 1963.
- GELDMACHER, J.: Plastische Maßnahmen an der Hand nach irre-
parablen Verletzungen der Nervi medianus, ulnaris und
radialis. - Privates Vortragsmanuskript: 2. Tagung über
plastische Wiederherstellungschirurgie, Leipzig 1969.
- GELDMACHER, J.: Die Wiederherstellung verletzter Nerven.-
Münch. med. Wschr., 111, 2675-2679 (1969).
- GELDMACHER, J.: Handchirurgisches Seminar (Basiskurs IV).-
Privates Vortragsmanuskript: Baden Baden, Dez. 1981.
- GEORG, H.: Über die von K.H. Bauer modifizierte Perthes-
Plastik bei Radiallähmung. - Bruns' Beitr. klin.
Chir., 201, 171-182 (1960).
- GESSNER, A., RIEDEL, K.: Die Sehnenplastik bei Radialisläh-
mung. - Münch. med. Wschr., 64, 817-821 (1917).
- GHORMLEY, R.K., CAMERON, D.M.: Tendon Transfer for Paralysis
of Radial Nerve. - Proc. Mayo Clin., 15, 537-539 (1940).
- GILAN-SCHAH, A.: Sehnenplastik bei Radialislähmung. -
Chirurg, 20, 161-165 (1949).
- GOLDNER, J.L.: Tendon Transfer for Irreparable Peripheral
Nerve Injuries of the Upper Extremity. - Orth. Clin.
N. Amer., 5, 343-375 (1974).
- GURDJIAN, E.S., GOETZ, A.G.: Radial Paralysis Complicating
Fracture and Dislocation in Upper Limb. - Ann. Surg.
99, 487-496 (1934).
- HÄMESFAHR, A.: Die Ausnutzung der Pronationsbewegung und ihre
Übertragung auf die gelähmten Fingerstrecker bei den
Oberarmschußverletzungen mit Radialislähmung. -
Zbl. Chir., 42, 914-916 (1916).
- HASS, J.: Zur Frage der Tenodesse und zur Technik der Sehnen-
verpflanzung bei Radialislähmung. - Zbl. Chir., 46,
812-814 (1919).
- HASS, J.: Zur Sehnenoperation bei Radialislähmung. -
Bruns' Beitr. klin. Chir., 116, 690-704 (1919).
- HASS, J.: Eine einfache Methode der Sehnenoperation bei
irreparabler Radialislähmung. - Wien. klin. Wschr.,
32, 411-412 (1919).

- HASS, J.: Sehnenverpflanzung bei irreparabler Radialis-
lähmung. - Wien. klin. Wschr., 42, 642-644 (1929).
- HERBIG, H.: Beobachtungen und Erfahrungen bei Sehnenplastiken zur Verbesserung der Funktion der Fallhand. - Chirurg, 19, 171-174 (1948).
- HERZOG, K.H.: Sehnenkonservierung und -transplantation. - VEB G. Fischer : Jena 1965.
- HESS, P.: Zur Kritik der Radialisplastik. - Z. Orthop., 78, 202-204 (1949).
- HIEBLER, W.: Zeitpunkt, Technik und Ergebnisse von Ersatzoperationen bei irreparablen Radialisschäden. - Handchirurgie, 8, 195-198 (1976).
- HOFFA, A.: Lehrbuch der orthopädischen Chirurgie. - F. Enke: Stuttgart 1925.
- HOHMANN, G.: Zur Sehnenverpflanzung bei Radialislähmung. - Zbl. Chir., 46, 147-149 (1919).
- HOHMANN, G.: Hand und Arm. - J.F. Bergmann: München 1949.
- ISELIN, M.: Chirurgie der Hand (übersetzt von A. Lamesch). - Thieme: Stuttgart 1959.
- JONES, R.: Tendon Transplantation in Cases of Musculospiral Injuries not Amenable to Suture. - Amer. J. Surg., 35, 333-335 (1921).
- KÖNIG, P.: Zur orthopädisch-chirurgischen Behandlung der endgültigen Muskelausfälle bei der Radialislähmung. - Z. orthop. Chir., 77, 289-298 (1947).
- KRAUSE, W.: Zur Frage der Sehnenverlagerung bei irreparabler Radialislähmung. - Zbl. Chir., 47, 884-889 (1920).
- KRAUSE, W.: Über Dauerresultate nach Sehnenverlagerung bei irreparabler Radialislähmung. - Zbl. Chir., 48, 1680-1682 (1921).
- KRENKEL, W.: Möglichkeiten und Grenzen der operativen Behandlung peripherer Nervenschädigungen. - Chir. plast. reconstr., 3, 21-27 (1967).
- KRIDA, A.: Tendon Transplantation for Irreparable Musculospiral Injury. - Amer. J. Surg., 9, 331-332 (1930).
- KÜNNE, B.: Behandlung der Radialislähmung durch Sehnenverpflanzung. - Berl. klin. Wschr., 57, 923-924 (1920).
- LAMB, D.W.: Tendon Transfers for Paralytic States; in: Barron, J.N., Saad, M.N.: Operative Plastic and Reconstructive Surgery, Vol. 3. - Churchill Livingstone: Edinburgh/London 1980.
- LAMPHIER, T.A., LITTLER, J.W.: Tendon Transplants for Radial and Ulnar Nerve Paralysis. - Amer. J. Surg., 4, 431-439 (1947).
- LANGE, F.: Über periostale Verpflanzung. - Münch. med. Wschr., 47, 486-490 (1900).

- LANGE, F.: Die Sehnenverpflanzung. - Ergebn. Chir. Orthop.,
 2, 1-24 (1911).
- LANGE, M.: Sehnenverpflanzung und Arthrodesen. - Verh. dtsch.
 orthop. Ges., 30, 100-113 (1935).
- LANGE, M.: Orthopädisch-chirurgische Operationslehre. -
 J.F. Bergmann: München 1951.
- LENGFELLNER, K.: Die Behandlung der Nervus-radialis-Läh-
 mung. - Münch. med. Wschr., 64, 633-634 (1917).
- LEXER, E.: Wiederherstellungschirurgie. - J.A. Barth: Leip-
 zig 1919/20.
- LINDEMANN, K.: Über die gekreuzte Muskelplastik bei Radialis-
 lähmung. - Z. orthop. Chir., 77, 79-85 (1947).
- LORENZ, A.: Zur Technik der Sehnenverpflanzung: Paravaginale
 Transplantation. - Zbl. Chir., 32, 713-716 (1917).
- LUCKEY, C.A., MCPHERSON, S.R.: Tenuous Reconstruction of the
 Hand Following Irreparable Injury to the Peripheral
 Nerves and Brachial Plexus. - J. Bone Jt. Surg., 29,
 560-581 (1947).
- MANASSE, P.: Sehnenoperationen bei Kriegsverwundeten. -
 Berl. klin. Wschr., 54, 310-312 (1917).
- MARTINI, A., ZELLNER, P.R.: Erfahrungen mit der Radialisersatz-
 plastik. - Unfallheilkunde, 79, 507-511 (1976).
- MASSART, R.: Le traitement chirurgical de la paralysie radi-
 ale traumatique par la transplantation tendineuse. -
 These pour le doctorat en medicine, Paris 1918.
- MAYER, K.E.: Zur Perthes'schen Sehnenverpflanzung bei der
 Radialislähmung. - Dtsch. med. Wschr., 46, 152 (1920).
- MCMURRAY, T.P.: Transplantation in Gunshot Injuries of
 Nerves. - J. orthop. Surg., 1, 125-135 (1919).
- MERLE D'AUBIGNE, R.: Transplantation tendineuse dans les para-
 lysies radiales. - Wiederherstellungschir. u. Traum., 1,
 207-216 (1953).
- MILLESI, H.: Wiederherstellung der Greiffunktion bei Lähmungen
 nach Verletzungen peripherer Nerven durch Operationen am
 Nerven bzw. durch Ersatzoperation. - Langenbecks Arch.
 klin. Chir., 339, 377-381 (1975).
- MILLESI, H.: Chirurgische Erkrankungen peripherer Nerven;
 in: Zenker, R., Deucher, F., Schink, W.: Chirurgie der Gegen-
 wart. - Urban u. Schwarzenberg: München/Wien/Baltimore
 1979.
- MOBERG, E., NACHEMSON, A.: Tendon Transfers for Defective Long
 Extensors of the Wrist and Fingers. - Acta chir. scand.,
133, 31-34 (1967).
- MÜLLER, E.: Zur Behandlung der Radialislähmung. - Bruns'
 Beitr. klin. Chir., 98, 263-268 (1915).

- NIGST, H.: Die Chirurgie der peripheren Nerven. - Thieme: Stuttgart 1955.
- NIGST, H.: Schienung in der Nachbehandlung von Verletzungen peripherer Nerven. - Handchirurgie, 1, 196 (1969).
- NIGST, H.: Motorische Ersatzoperationen; in: Wachsmuth, W.: Allgemeine und Spezielle chirurgische Operationslehre, Bd. 10, Teil III. - Springer: Berlin/Heidelberg/New York 1972.
- NIGST, H.: Ersatzoperationen nach irreparablen Nervenverletzungen. - Ther. Umsch., 32, 461-464 (1975).
- OMER, G.E.: Injuries to Nerves of the Upper Extremity. - J. Bone Jt. Surg., 56-A, 1615-1624 (1974).
- OMER, G.E.: Verletzungen der Nerven des Armes. - Handchirurgie, 7, 31 (1975).
- PERTHES, G.: Supravaginale Sehnentransplantation bei irreparabler Radialislähmung. - Zbl. Chir., 44, 717-720 (1917).
- PERTHES, G.: Über Sehnoperationen bei irreparabler Radialislähmung. - Bruns' Beitr. klin. Chir., 113, 289-368 (1918).
- PERTHES, G.: Weiterer Beitrag zur Sehnoperation bei irreparabler Radialislähmung. - Zbl. Chir., 46, 471-475 (1919).
- PERTHES, G.: Die funktionellen Ergebnisse der Sehnoperation bei irreparabler Radialislähmung. - Klin. Wschr., 1, 127-129 (1922).
- PITZEN, P.: Wie können störende Verwachsungen bei Sehnverpflanzungen verhindert werden? - Z. orthop. Chir., 44, 60-64 (1924).
- SAEGESSER, M.: Spezielle Chirurgische Therapie. - H. Huber: Bern/Stuttgart/Wien 1972.
- SAIKKU, L.A.: Tendon Transplantation for Radial Paralysis. - Acta chir. scand., 132, 1-121 (1947).
- SAMILSON, R.L., GREEN, W.L.: Spätresultate bei chirurgischen Eingriffen am Arm bei Zerebralparalyse. - Handchirurgie, 2, 92 (1973).
- SCHARIZER, E.: Bericht über die 2. Tagung für plastische und Wiederherstellungschirurgie (24.-27. Okt. 1969, Leipzig). - Handchirurgie, 2, 108-111 (1970).
- SCHIEWE, R., PITZLER, K., FREUND, E.: Die "kleine Perthes-Plastik" bei der isolierten irreparablen Lähmung des Ramus prof. n. radialis. - Zbl. Chir., 96, 1550-1556 (1971).
- SCHINK, W.: Die Wiederherstellungschirurgie der Hand bei irreparablen Nervenschädigungen. - Chir. plast. et reconstr., 3, 32-36 (1967).
- SCHOCH, J.: Die Muskelplastik bei Radialislähmung. - Dissertation: München 1951.

- SCHOCH, J.: Zur Wahl der Ersatzplastik nach irreversibler Radialislähmung. - Arch. orthop. Unfall-Chir., 49, 663-671 (1958).
- SCHREIEGG, H.: Zur Frage der operativen Behandlung der Radialislähmung, bes. durch die Sehnenplastik. - Münch. med. Wschr., 63, 1370-1371 (1916).
- SCUDERI, C.: Tendon Transplants for Irreparable Radial Nerve Paralysis. - Surg. Gyn. Obstet., 88, 643-651 (1949).
- SPITZY, H.: Operative Behebung der Lähmung des N. radialis. - Arch. Psychiat. Nervenkr., 59, 652-667 (1918).
- SPITZY, H.: Mitteilung auf der "Hauptversammlung der Prüfstelle für Ersatzglieder", Berlin, Jan. 1918. - Dtsch. med. Wschr., 44, 200 (1918).
- STARR, C. L.: Army Experience with Tendon Transference. - J. Bone Jt. Surg., 4, 3-21 (1922).
- STEINDLER, A.: Tendon Transplantation in the Upper Extremity. - Amer. J. Surg., 44, 260-271 (1939).
- STEINDLER, A.: Orthopedic Operations. - Ch. Thomas: Springfield 1947.
- STOFFEL, A.: Sehnenplastiken bei Radialislähmung. - Dtsch. med. Wschr., 44, 200 (1918).
- STOFFEL, A.: Anwendungsgebiet und Leistungsfähigkeit der Nervenoperationen. - Münch. med. Wschr., 66, 257-259 (1919).
- SUDECK, P.: Die Sehnentransplantation bei der Radialislähmung. - Zbl. Chir., 46, 651-652 (1919).
- SUDECK, P.: Zur Sehnentransplantation bei der Radialislähmung. - Dtsch. med. Wschr., 45, 1009-1011 (1919).
- SUDECK, P.: Gedanken zur Plastik bei Radialislähmung. - Chirurg, 15, 665-669 (1943).
- SÜNRAM, F., HIPPE, P.: Radialislähmung bei angeborenem Angioliomyom. - Handchirurgie, 11, 27-29 (1979).
- TERTSCH, D.: Erfahrungen und Fehler mit der Tenoplastik bei Radialislähmung. - Zbl. Chir., 95, 1161-1165 (1970).
- THOMSEN, M., BANG-RASMUSSEN, K.: Sehnenverlagerungen zur Wiederherstellung defekter Finger- und Handgelenkstrecksehnen. - Handchirurgie, 2, 134 (1971).
- VOLK : Mitteilung auf der "Hauptversammlung der Prüfstelle für Ersatzglieder", Berlin, Jan. 1918. - Dtsch. med. Wschr., 44, 200 (1918).
- VULPIUS, O.: Der heutige Stand der Sehnenplastik. - Wien. Klin., 29, 344-355 (1903).
- VULPIUS, O., STOFFEL, A.: Orthopädische Operationslehre. - F. Enke: Stuttgart 1913.
- VULPIUS, O.: Über die Lähmungstherapie an der oberen Extremität. - Dtsch. med. Wschr., 40, 1053-1059 (1914).

- WEITZ,H.: Zur Behandlung der Radialislähmung. - Dtsch. med. Wschr.,44,1351 (1916).
- WILHELM,A.: Neues über Druckschäden des N. ulnaris und N. radialis. - Handchirurgie,2,143-146 (1970).
- WILHELM,A.: Radialiskompressionssyndrome. - Handchirurgie,8,113-116 (1976)
- WILMS,M.,GULEKE,N.: Die Chirurgie des Ellenbogens und Unterarmes; in: Bergmann,E.,Bruns,P.,Mikulicz,J.: Handbuch der praktischen Chirurgie. - F. Enke: Stuttgart 1927.
- WINTSCH,K.: Physiotherapie und Ergotherapie nach Sehnen-
transposition. - Handchirurgie,4,17-19 (1972).
- WINTSCH,K.: Nervenkompression durch ein Lipom. - Hand-
chirurgie,5,113-114 (1973).
- WITT,A.N.: Ersatzoperationen bei irreparablen Lähmungen. -
Verh. dtsch. orthop. Ges.,36,141-178 (1947).
- WITT,A.N.: Der funktionelle Ersatz bei der irreparablen
Radialislähmung. - Chirurg,19,167-171 (1948).
- WITT,A.N.: Sehnenverletzungen und Sehnen-Muskeltransplan-
tationen. - J.F. Bergmann: München 1953.
- WITT,A.N.: Sehnenverpflanzungen an Vorderarm und Hand wegen
schlaffer Lähmungen; in: Bier/Braun/Kümmell: Chirurg-
ische Operationslehre. - J.A. Barth: Leipzig 1958.
- YOUNG,H.H.,LOWE,G.H.: Tendon Transfer Operations for Irre-
parable Paralysis of the Radial Nerve. - Surg. Gyn.
Obstet.,84,1100-1104 (1947).
- ZACHARY,R.B.: Tendon Transplantation for Radial Paralysis.-
Brit. J. Surg.,33,358-364 (1946).
- ZENKER,R.: Zur Perthes'schen Plastik. - Chirurg,19,312-
313 (1948).
- ZILCH,H.,BUCK.GRAMCKO,D.: Ergebnisse der Nervenwiederher-
stellung an der oberen Extremität durch Mikrochirurgie.-
Handchirurgie,7,21-30 (1975).

Danksagung:

Für die Überlassung des Themas sowie für die hilfreiche Unterstützung durch wertvolle Ratschläge und Hinweise zur Gestaltung dieser Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. med. J. G e l d m a c h e r herzlich danken.

LEBENS LAUF :

Am 27. Januar 1959 wurde ich als erstes Kind der Eheleute Dr. med. dent. Ludwig Karl und Dr. med. dent. Henriette Karl (geb. Müller) in Neustadt a. d. Aisch geboren. Vater und Mutter waren und sind dort als Zahnärzte in jeweils eigener Praxis tätig.

Meine frühe Kindheit wie auch die gesamte Schulzeit verbrachte ich an meinem Geburtsort. Nach Absolvierung der Grundschulzeit vom Sept. 1965 bis zum Juli 1969 erfolgte im Herbst 1969 der Übertritt an das örtliche Friedrich-Alexander-Gymnasium. Nach bestandener Reifeprüfung wurde mir dort am 29.06.1978 das Abiturzeugnis ausgehändigt. Aufgrund des erreichten Notendurchschnittes erhielt ich sofort zum Wintersemester 1978/79 den beantragten Studienplatz im Fach Zahnmedizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen. Vom Grundwehrdienst wurde ich bis zur Beendigung des Studiums vorläufig zurückgestellt.

Neben dem laufenden Zahnmedizin-Studium hatte ich seit 1980 nebenbei auch mit dem Studium der Allgemeinmedizin begonnen, in dem ich gegenwärtig für das 6. Fachsemester an der Universität Erlangen immatrikuliert bin.

Nach einer Studienzeit von 10 Semestern trat ich nach dem Sommersemester 1983 zum Zahnärztlichen Staatsexamen an, welches voraussichtlich Ende dieses Jahres abgeschlossen sein wird. Mit der Promotion möchte ich meine Ausbildung zum Zahnarzt abschließen.

Erlangen, im Dezember 1983 .

